AUS DER ORTHOPAEDISCHEN KLINIK UND POLIKLINIK
DER FREIEN UNIVERSITAET BERLIN (OSKAR-HELENE-HEIM)
DIREKTOR: PROFESSOR DR. MED. G. FRIEDEBOLD

KOMPENSATORISCHE BEWEGUNGEN DER FUSSWURZELGELENKE BEI VERSTEIFUNG DES OBEREN SPRUNGGELENKES (EIN VERSUCH ZU IHRER ERFASSUNG UND BEWERTUNG)

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER MEDIZINISCHEN DOKTORWUERDE
AN DEN MEDIZINISCHEN FACHBEREICHEN
DER FREIEN UNIVERSITAET BERLIN

VORGELEGT VON
PAUL-ULRICH ECKHOFF
AUS HEGGEN

1971

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)
Direktor: Professor Dr. med. G. Friedebold

KOMPENSATORISCHE BEWEGUNGEN DER FUßWURZELGELENKE BEI VERSTEIFUNG DES OBEREN SPRUNGGELENKES

Ein Versuch zu ihrer Erfassung und Bewertung

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Paul-Ulrich Eckhoff
aus Heggen

Referent: Professor Dr. med. D. Hohmann

Korreferent: Professor Dr. med. G. Friedebold

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 5. November 1971

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547205_0107

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

	Seite
1. Problemstellung	5
2. Behandlung des Problems in der Literatur	5
3. Anatomie des Fußes	9
3.1. Die Gelenke	9
3.2. Die Bandverbindungen	10
3.3. Die Muskeln	11
3.4. Bewegungsspielraum und Achsen der Gelenke	12
3.4. 1. Oberes Sprunggelenk	12
3.4. 2. Talo-Kalkanealgelenk	12
3.4. 3. Talo-Navikulargelenk	13
3.4. 4. Unteres Sprunggelenk	13
3.4. 5. CHOPART-Gelenk	13
4. Methodik	14
4.1. Einführende Bemerkungen	14
4.2. Das Untersuchungsgerät	16
4.3. Die Untersuchungsmethode	19
4.4. Die Auswertung der Röntgenbilder	21
5. Das Patientengut	26
6. Untersuchungsergebnisse	29
7. Diskussion der Untersuchungsergebnisse	38
8. Zusammenfassung	44
9. Literaturverzeichnis	46
10. Tabellen	49

1. Problemstellung

Zur Erreichung der Schmerzfreiheit oder der Stabilität muß bei manchen Gelenkerkrankungen gelegentlich die Bewegungsfunktion geopfert werden; man führt eine Gelenkversteifung (Arthrodese) in einer möglichst funktionsgerechten Stellung durch. Allgemein besteht die Ansicht, daß Patienten nach einer Arthrodese des oberen Sprunggelenkes wieder einen einwandfreien und schmerzlosen Gang bekommen. Es wird die Meinung vertreten, daß in geraumer Zeit - vor allen Dingen bei jüngeren Patienten - eine kompensatorische Beweglichkeit der Gelenke der Fußwurzel auftritt, die so groß ist, daß sie den Verlust der Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes wenigstens teilweise aufhebt. Diese Ansicht ist bisher nur ungenügend experimentell bewiesen. Es sollen deshalb in der vorliegenden Arbeit die kompensatorischen Bewegungen der Fußwurzelgelenke bei Versteifung des oberen Sprunggelenkes untersucht werden.

2. Behandlung des Problems in der Literatur

Erstmalig wurde 1878 von ALBERT absichtlich ein Gelenk arthrodesiert (34,38); SIDLER gibt an, daß es sich dabei um ein Sprunggelenk gehandelt hat. Danach wurden zahlreiche neue Methoden zur Versteifung eines oder mehrerer Sprunggelenke angegeben - bis heute sind etwa 30 Verfahren beschrieben.

Bis etwa 1960 fielen die operativen Versteifungen arthrotischer Sprunggelenke zahlenmäßig kaum ins Gewicht. Fast ausschließlich wurde die Versteifung des Gelenkes bei zwei Beeinträchtigungen der Gelenkfunktion indiziert: bei dem tuberkulös zerstörten oder entzündeten Gelenk und bei dem durch Ausfall gelähmter Muskeln nicht mehr gesicherten Gelenk.

Für das durch Tuberkulose zerstörte Gelenk wurden andere

Therapieformen kaum diskutiert, nur die zur Versteifung führenden Verfahren waren umstritten. Dagegen ist die Diskussion über die Behandlung des Lähmungsschlotterfußes bis heute nicht abgeschlossen. Neben der Arthrodese wird die Arthrorhise als Therapie empfohlen. Die Verfechter der Arthrorhise sagen, durch Arthrodese werde die erreichte Stabilität des Fußes mit einem plumpen und steifen Gang erkauft, der einen orthopädischen Schuh zur Korrektur erfordere, damit sei das Ziel der Arthrodese, die Befreiung vom Apparat, nicht erreicht. WEIL (38) veröffentlicht 1931 eine Zusammenfassung der damals bekannten Operationsverfahren und einen umfassenden Überblick über den damaligen Stand der Diskussion.

Einige Zufallsbeobachtungen an muskulär ungestörten Unterschenkeln mit einer knöchernen Ankylose des oberen Sprunggelenkes ergaben neue Gesichtspunkte über den Wert der Arthrodese.

M. LANGE und F. Th. BECKER (18) finden bei knöchernen Ankylosen des oberen Sprunggelenkes als Ausheilungsform der Gelenktuberkulose keine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit dieser Füße, "da sich im CHOPART kompensatorisch eine ausreichende Dorsal- und Plantarflexion entwickelt hatte". PAYR (27) berichtet 1934 über "die rasche und geschickte Beweglichkeit" einer Patientin mit einer Ankylose des oberen Sprunggelenkes. M. LANGE (19) weist 1936 wieder auf die beobachtete kompensatorische Bewegung im CHOPART-Gelenk nach Ankylose des oberen Sprunggelenkes hin und stellt die These auf: "Wir können also damit rechnen, daß, wenn wir bei Jugendlichen das obere Sprunggelenk versteifen, die Kranken doch eine genügende Beweglichkeit im CHOPARTschen Gelenk bekommen, daß sie auch auf unebenem Boden ganz gut gehen können". ZIMMERMANN (42) veröffentlicht 1937 eine Untersuchungsreihe, die er im Auftrage von M. LANGE durchgeführt hat (29). Mit dieser versuchte er das Ausmaß der kompensatorischen Bewegung im CHOPART-Gelenk

festzustellen. An fünf Ankylosen des oberen Sprunggelenkes bestimmte er röntgenologisch das Bewegungsausmaß im CHOPART; an gesunden Füßen versuchte er ebenfalls, die Beweglichkeit im CHOPART röntgenologisch zu ermitteln. An den ankylosierten Füßen fand er Beweglichkeiten zwischen 20 und 45°, an den gesunden Füßen von Kindern ein Bewegungsausmaß von 10 - 15°, "welches im Alter auf 5° passive Beweglichkeit absinkt"; da diese Bewegungen hauptsächlich durch Klaffen des Gelenkspaltes entstünden, spiele das CHOPART-Gelenk beim gesunden Fuß bei der Dorsal- und Plantarflexion praktisch keine Rolle. M. LANGE macht 1951 seine 1936 aufgestellte These zur Lehrmeinung und wiederholt dies 1962 (20); in seiner Veröffentlichung "Die Arthrodesen" (21) schreibt er aber statt CHOPART-Gelenk "Unteres vorderes Sprunggelenk".

Auch andere Autoren nehmen eine Mehrbeweglichkeit der übrigen Fußwurzelgelenke nach Ausfall des oberen Sprunggelenkes an. WITT (41), BECKER u. KASTNER (1) und SIDLER (34) schreiben sie dem CHOPART zu, PLOETZ (29) dem "unteren vorderen Sprunggelenk". WAIGAND (36) erwähnt eine "gewisse Kompensation im vorderen Sprunggelenk", PAYR (27) gibt neben der Kompensation im CHOPART auch eine Beteiligung der anderen Gelenke an. WEBER (37) schreibt "in den nicht versteiften Gelenken", MAXEN (26) " in den Mittelfußgelenken" und HAUBERG (14) "CHOPART ... zusammen mit dem LISFRANC". G. HOHMANN (15) spricht von einer "Erweiterung des Talo-Naviculargelenkes", KOCHS (17) von "einem weitgehenden funktionellen Ersatz" und FREDENHAGEN (10) von einer erheblichen Verstärkung des Bewegungsumfanges des vorderen Tarsus.

Wird das untere Sprunggelenk oder das CHOPART mitversteift, so wird ebenfalls eine kompensatorische Bewegung angenommen. Bei MACHACEK (24) ist zu lesen "Lockerung im LISFRANC", bei DUBOST-PERRET (6) "in der distalen Fußwurzel", bei RÜTT (31) "abnorme Beweglichkeit in den Tarso-Metatarsalgelenken" und

bei PAYR (27) "Ersatzbeweglichkeit der übrigen straffen Gelenke".

Kein Autor gibt das Ausmaß der Kompensation an, nur das Bewegungsausmaß im arthrodesierten Fuß wird erwähnt. M. LANGE (19) spricht von "ausreichender Bewegung" und von "20° Dorsal- und Plantarflexion" im CHOPART. PAYR (27) gibt "ein einigermaßen genügendes Abwickeln der Fußsohle" an. Nach WEBER (37) sind Bewegungsumfänge "von 35-40° keine Seltenheit". Weiterhin fällt auf, daß alle Autoren überwiegend gute Nachuntersuchungsergebnisse melden. Nach PLOETZ (29) "kann man unbedenklich die Versteifung im oberen Sprunggelenk durchführen". Nur an wenigen Stellen finden sich indirekte quantitative Angaben. Während ein Autor die Invalidität eines in günstiger Stellung reizlos versteiften oberen Sprunggelenkes auf 20-25% einschätzt (10), geben zwei weitere Ergebnisse an, die sich allgemein auf Fußversteifungen beziehen; in der einen Untersuchungsreihe (7) konnte kein Unterschied der Funktion festgestellt werden, in der anderen (28) wurde hingegen eine Minderfunktion des gestörten Fußes bis zu 90% gefunden. Auch die anderen Autoren haben unterschiedliche subjektive Maßstäbe angelegt. BECKERs (1) Patienten waren "sehr zufrieden"; DAHMEN (5) nennt ein Resultat gut, "wenn die Arthrodese knöchern steif war und der Operierte längere Zeit beschwerdefrei gehen kann"; HAUBERG (14) schreibt : "Der Gang war einwandfrei und ohne Beschwerden", aber grundsätzlich sei das orthopädische Schuhwerk aller Patienten mit einer hinteren Rolle versehen worden; bei PLOETZ (29) ist zu lesen: "Alle Patienten ... können ohne orthopädischen Apparat, nur mit orthopädischem Schuh versorgt, ihr Bein ausdauernd und schmerzfrei belasten"; WEBER (37) schreibt von "ganz ausgezeichneten Ergebnissen", sofern die anderen Gelenke keinen pathologischen Befund aufwiesen, und von einem Wiedergewinn der Sportfähigkeit mancher Patienten; bei WAIGAND (36) ist sogar "sehr gute funktionelle und statische Ergebnisse" zu lesen, ohne daß eine Qualifikation für die Bewertung im Text auch nur angedeutet wird.

3. Anatomie des Fußes

Es sollen die für die Behandlung des gestellten Problemes wichtigen Teile des Fußes kurz beschrieben werden.

3.1. Die Gelenke

Am Fuß wird unterschieden zwischen Hauptgelenken und Amphiarthrosen. Die Hauptgelenke sind das obere und untere Sprunggelenk sowie das CHOPART-Gelenk; die Amphiarthrosen finden sich im distalen Bereich des Tarsus.

Auf das obere Sprunggelenk braucht nicht eingegangen zu werden, weil es in der vorliegenden Arbeit nur als arthrodesiertes abgehandelt wird.

Bevor das untere Sprunggelenk näher beschrieben wird, scheint es nötig, darauf hinzuweisen, daß die Bezeichnung der Einzelgelenke nicht immer eindeutig ist. Während in den anatomischen Lehrbüchern das CHOPART-Gelenk von dem unteren (hinteren und vorderen) Sprunggelenk (2,8,30) bzw. dem vorderen Sprunggelenk (13) unterschieden wird, ist diese Unterscheidung im Sprachgebrauch der Klinik nicht immer so klar, manchmal werden die Begriffe CHOPART-Gelenk und unteres vorderes Sprunggelenk synonym gebraucht (22). Die folgende Beschreibung und Einteilung der Gelenke ist vornehmlich von FICK (8) übernommen, wie es die anderen Anatomen auch getan haben. Soweit ersichtlich, hat M. LANGE 1932 und 1936 diese Nomenklatur wohl auch gebraucht.

Das untere Sprunggelenk wird von den miteinander artikulierenden Gelenkflächen des Talus, des Kalkaneus und des Navikulare gebildet. Durch den Sulcus transversus wird es in eine vordere und eine hintere Abteilung getrennt. Das hintere Gelenk besteht aus der schwach konvexen hinteren Gelenkfläche des Kalkaneus und der entsprechenden des Talus; das vordere Gelenk wird

gebildet aus dem Taluskopf und den mit ihm artikulierenden Gelenkflächen des Navikulare, des Kalkaneus und der Gelenkfacette des Lig. calcaneonavicularis, des Pfannenbandes. Demnach kann das vordere untere Sprunggelenk in drei Untereinheiten aufgegliedert werden. Diese sind:

das vordere Talo-Kalkanealgelenk,
das Sprungbein-Pfannenbandgelenk,
das Talo-Navikulargelenk.

Das CHOPART-Gelenk oder das "Quere Fußwurzelgelenk" (FICK) wird von zwei Gelenken gebildet: dem Talo-Navikulargelenk und dem Kalkaneo-Kuboidgelenk.

Hieraus folgt: das Talo-Navikulargelenk gehört zwei größeren Gelenkeinheiten an, dem unteren Sprunggelenk und dem CHOPART-Gelenk.

3.2. Die Bandverbindungen

Zwischen Tibia, Fibula, Rückfuß und Vorfuß bestehen mannigfache Bandverbindungen. Die meisten Bänder, vor allem die langen, sind plantar; sie verhindern ein Auseinanderweichen der Fußwurzelknochen und ein Einsinken des Fußgewölbes unter der Körperlast.

Der Rückfuß wird an Tibia und Fibula durch das Lig. deltoideum (außer Pars tibionavicularis) und durch das laterale Seitenband gefesselt. In sich ist der Rückfuß durch das Lig. talo-calcaneae interosseum verbunden. Es ist eine außerordentlich zerreißfeste Bandmasse mit einer vorderen und hinteren Hauptabteilung. Nach BENNINGHOFF (2) verhindert die bestehende Anordnung ein Abrutschen des Talus und schließt die Beweglichkeit nicht aus.

Durch das CHOPART-Gelenk artikuliert der Vorfuß mit dem Rückfuß. Von den Bandverbindungen seien nur die wichtigsten

erwähnt. Das Pfannenband verbindet Sustentaculum talare mit dem hinteren Rand des Navikulare, es trägt eine Gelenkfacette für den Taluskopf und ist oft bis zu 1/2 cm stark. Der "untere CHOPART-Schlüssel" oder das Lig. plantare teres wird als Verstärkungsband des Pfannenbandes angesehen, erst nach seiner Durchtrennung kann man das CHOPART-Gelenk nach oben auseinanderklappen. Der "obere CHOPART-Schlüssel" ist eine kleinfingerbreite Bandplatte und verhindert die Entfernung des Kahnbeines vom Fersenbein; es hilft, das Kahnbein an den Sprungbeinkopf anzupressen. BERNBECK (3) hat einen umfassenden Überblick über die Bandverbindungen dieser Region gegeben.

Neben dem erwähnten Pfannenband werden zu den langen Fußsohlenbändern noch das Lig. plantare longum und die Plantaraponeurose gezählt. Das Lig. plantare longum entspringt plantar am Kalkaneus und zieht zu den Basen der Metatarsalia II - IV; die tiefen Fasern dieses Bandes ziehen zu der Tuberositas ossis cuboidei.

3.3. Die Muskeln

Kurze und lange Muskeln bewegen und verspannen den Fuß. Die kurzen haben Ansatz und Ursprung am Fußskelett, die langen entspringen an Femur, Tibia, Membrana interossea und Fibula. Außer dem Triceps surae inserieren sie alle distal des CHOPART-Gelenkes. Nur der Triceps surae wirkt fast ausschließlich auf das obere Sprunggelenk, alle anderen wirken mehr oder minder auch auf das untere Sprunggelenk.

3.4. Bewegungsspielraum und Achsen der Gelenke

3.4.1. Oberes Sprunggelenk

Die Bewegung im oberen Sprunggelenk verläuft um eine quer durch das Sprunggelenk verlaufende horizontale Achse, sie steht auf der Fußlängsachse senkrecht. Ihre Ebene bildet mit der Ebene der Kniegelenksachse einen Winkel von 8°. Aus der Normalstellung von 90° gegen den Unterschenkel kann der Fuß aktiv um 20° dorsalflektiert und um 30° plantarflektiert werden. Damit beträgt der Bewegungsumfang 50°.

3.4.2. Talo-Kalkanealgelenk

Es besteht aus zwei getrennten Gelenken, von denen jedes eine eigene Achse besitzt, da die Krümmung der vorderen Gelenkfläche des Kalkaneus der der hinteren entgegengesetzt ist. Eine ausgiebige Bewegung um die Achse eines dieser Gelenke ist unmöglich und stets mit einem Klaffen des anderen Gelenkes verbunden (8). Die Einzelbewegungen beider Gelenke addieren sich zu der Bewegung um die Kompromißachse des Talo-Kalkanealgelenkes. Nach FICK tritt sie nahe bei der medialen vorderen Ecke der Sprungbeinrolle in den Sprungbeinhals ein, durchsetzt die beiden Gelenkflächen des hinteren Talo-Kalkanealgelenkes und kommt auf der lateralen Seite des Fersenbeinhöckers heraus. Ihre Orientierung zu den Körperebenen ist individuell sehr verschieden; auf dem Lig. interosseum steht sie senkrecht.

Für die vorliegende Arbeit interessiert nur der Bewegungsumfang der Dorsal- und Plantarflexion. Nach FICK (8) gibt ALBERT als mittleres Bewegungsausmaß $5{,}8^{\circ}$ an, an Extremwerten 1° und 10°.

3.4.3. Talo-Navikulargelenk

Der Gestalt des Taluskopfes wegen wird es als Eigelenk angesehen. Die Längsachse der Gelenkfläche steht schräg zur Längsachse der Talusrolle, individuell stark schwankend. Die recht komplizierten Bewegungen sind im einzelnen bei FICK genauestens beschrieben. Nur soviel sei hier gesagt, daß der Bewegungsspielraum durch die Bänder stark eingeengt ist und dem theoretisch zu erwartenden nicht entspricht.

3.4.4. Unteres Sprunggelenk

Bei Bewegungen des Sprungbeines und des Fersenbeines gegeneinander kann das Kahnbein wegen des Bandapparates seine Stellung nicht unverändert beibehalten. Deshalb findet bei Bewegungen im Talo-Kalkanealgelenk auch eine gleichsinnige Bewegung im Talo-Navikulargelenk statt. Aus diesem Grund werden diese Gelenke zusammen als ein Gelenk betrachtet mit der Bezeichnung: "Unteres Sprunggelenk".

Der Umfang der Bewegung um die schräge Kompromißachse des unteren Sprunggelenkes gibt FICK (8) mit in der Regel 20-45° an. Aus einem perimetrischen Bild im anatomischen Atlas von LANZ-WACHSMUTH (23) kann für den Bewegungsumfang der Dorsal- und Plantarflexion ein Winkel von 30° abgelesen werden. HÜBSCHER (16), auf den dieses Bild bezogen wird, schreibt aber: "Wieviel sich von der jeweiligen Excursion (des Fußes in einer der vier Hauptrichtungen) in einem oder in mehreren Gelenken abspielt, ist nicht ersichtlich".

3.4.5. Das CHOPART-Gelenk

Die Gelenkfläche des einen Anteils, des Talo-Navikulargelenks,

ist eiförmig, die des anderen Anteils, des Kalkaneo-Kuboid-gelenkes, ist sattelförmig. Beide zusammen ergeben die S-förmig geschwungene Linie des CHOPART-Gelenkes. Wie beim Talo-Kalkanealgelenk findet die Bewegung nicht um die Achsen der einzelnen Gelenke statt, sondern um eine gemeinsame Achse. Der Abbildung bei FICK (8) ist zu entnehmen, daß sie an dem Tuber calcanei eintritt und an der Basis des Metatarsale III austritt. Die sich daraus ergebende Kompromißbewegung besteht im wesentlichen aus der Pro- und Supination, verbunden mit Ab- und Adduktion (8). WISBRUN (40) gibt eine ähnliche Lage der Kompromißachse an und führt die scheinbare Beugung und Streckung des Metatarsale I auf eine Pro- und Supination im Talo-Navikulargelenk zurück. GÜNTZ (12) findet dagegen bei der von WISBRUN (40) angegebenen Fixierung des Rückfußes eine erhebliche Dorsal- und Plantarflexion des Vorfußes, bei fast reiner Flexion gibt er einen Bewegungsumfang von 19° an. Damit widerspricht er der Meinung von FICK, die Bewegung im CHOPART ergänze nur die Bewegung des unteren Sprunggelenkes. Bei seiner Untersuchungsreihe über die Dorsal- und Plantarflexion im CHOPART schreibt ZIMMERMANN (42), daß nach FICK das Gesamtbewegungsausmaß 20° beträgt, er erwähnt aber nicht die von FICK angegebene Beschränkung auf die Pro- und Supination dieses Gelenkes.

4. Methodik

4.1. Einführende Bemerkungen

In der vorliegenden Literatur wird fast überwiegend über gute Ergebnisse nach Arthrodese des oberen Sprunggelenkes berichtet; ein einwandfreier und unauffälliger Gang sei möglich. Es erhebt sich die Frage, wie groß die Minimalfunktion im oberen Sprunggelenk sein muß, damit ein einwandfreier Gang in der Ebene möglich ist.

WEIL, S. und U.H. WEIL (39) haben den Vorgang am gesunden Fuß genau beschrieben. Sie bezeichnen den Winkel zwischen Fuß und Unterschenkel als Fußwinkel und geben nach O. FISCHER (9) für die Phase Stemmbein-Schwungbein-Stemmbein folgende Winkel an:

100-110° für den Fußwinkel beim Ablösen,
90° für den Fußwinkel in der Schwungmitte,
80° für den Fußwinkel am Schwungende.

Aus dem angegebenen Wert für den Fußwinkel am Schwungende folgt, daß die Kalkaneusachse ebenfalls um 10° dorsalextendiert ist. Nach SCHEDE (33) beträgt der Fußwinkel dagegen beim Aufsetzen am Schwungende 90°. Aufgrund der Argumentation von WEIL (39) ist ein Fußwinkel von 80° beim Aufsetzen des Schwungbeines und damit ein Bewegungsumfang von mindestens 30° wahrscheinlicher.

Es sollte die Beweglichkeit des arthrodesierten Fußes hinsichtlich der Dorsal- und Plantarflexion bei ruhiggestelltem und freigegebenem unteren Sprunggelenk überprüft werden. Zur Feststellung des Ausmaßes der Kompensation sollte am gleichen Patienten die Beweglichkeit des gesunden Fußes bei Dorsal- und Plantarflexion unter den gleichen Bedingungen gemessen werden.

Damit vergleichbare Aussagen gemacht werden können, mußte ein Gerät beschafft werden, in dem der gesunde Fuß und der arthrodesierte Fuß unter gleichen, reproduzierbaren Bedingungen geröntgt werden können. GÜNTZ (12) hat ein Gerät zur allgemeinen Untersuchung der Beweglichkeit des Fußes beschrieben und auch die Meßlinien zur Auswertung der Röntgenbilder angegeben. Die Verwendung dieses Gerätes ist für die vorliegende Untersuchung zu aufwendig. ZIMMERMANN (42) hat einen Gips beschrieben, mit dem er an gesunden Füßen das obere und das untere Sprunggelenk fixierte (Abb. 1), aber er gibt keinen Hinweis auf die meßtechnische Auswertung dieser Bilder.

Abb. 1: Röntgenbild des Fußes mit angelegtem Gips (schraffiert), reproduziert nach ZIMMERMANN (42)

Deshalb wurde ein Gerät angefertigt, das folgende Anforderungen erfüllt:

1. Alle Füße sollen unter gleichen Bedingungen geröntgt werden können.
2. Die Beweglichkeit des arthrodesierten Fußes soll sowohl bei festgestelltem als auch bei frei beweglichem unteren Sprunggelenk bestimmt werden können.
3. Am gesunden Fuß soll der Rückfuß nach der Methode von ZIMMERMANN fixiert werden können.

4.2. Das Untersuchungsgerät

Das Gerät hat eine 30 X 60 cm große Grundplatte. An der einen Plattenschmalseite, die bei der Untersuchung die distale ist,

stehen 5 cm rechts und links von der Plattenmittellinie entfernt zwei 50 cm hohe senkrechte Eisenstäbe. Zwischen den Stäben ist ein in der Höhe verstellbares waagerechtes Rohr angebracht. Darauf befindet sich ein verschieb- und arretierbares Rundstahlstück mit einer Führungsbohrung und einer um 90° dazu versetzten und um 2 cm davon entfernten Bohrung, in der ein 15 cm langes Rohr mit Millimetermarkierung steckt. Das Rohr ist verschieb- und arretierbar und hat an seinem proximalen Ende eine U-förmig gebogene Metallschiene mit Lederriemen und an seinem distalen Ende einen Handgriff.

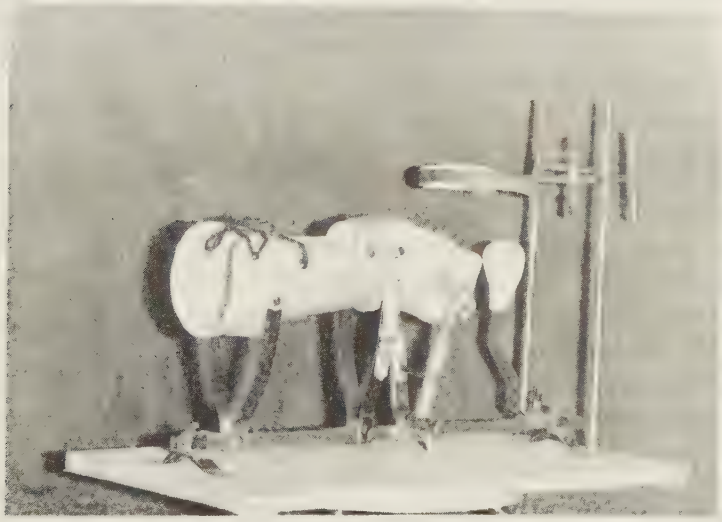

Abb. 2: Das Untersuchungsgerät mit Kunststoffschale

Auf der Grundplatte sind in der Mitte der beiden Schmalseiten die Endstützen eines Quadratrohres befestigt, dessen lichter Abstand von der Grundplatte 2 cm beträgt. Auf dem Rohr sitzen vier verschieb- und arretierbare Aufsätze.

Die zwei proximalen Aufsätze sind die Stützen der Unterschenkelschale bzw. des Unterschenkelgipses, mit den beiden distalen wird der Kalkaneus fixiert. Der äußerste distale Aufsatz ist löffelförmig, die anderen Aufsätze sind V-förmig ausgebildet.

Die Schenkel des äußersten proximalen Aufsatzes sind an ihren freien Enden durch einen festgenieteten und durchhängenden Klettenstreifen verbunden. Das Pendant zu diesem Streifen ist an der Schale befestigt und verhindert die Torsion des Unterschenkels. Zwischen den Schenkeln des zweiten proximalen Aufsatzes befinden sich zwei in der Länge verstellbare Lederriemen. Auf den einen wird die Schale oder der Gips gelegt und mit dem anderen wird der Unterschenkel gegen seine Unterlage festgezurrt. Die Schenkel des dritten V-förmigen Aufsatzes bestehen in den unteren zwei Dritteln aus Aluminium, im oberen Drittel aus PLEXIDUR^{R}, einem weitgehend strahlendurchlässigem Kunststoff, und sind mit Scharnieren an dem Läufer befestigt; mit einer Schraube können sie gegeneinander gequengelt werden. Das PLEXIDUR^{R} ist wie ein Hammer geformt (Abb. 2); der Stiel steckt im Aluminium und der Hammerkopf ist in der Höhe verstellbar. Der Aufsatz des äußersten distalen Läufers gleicht einem Löffel, in den die Ferse eingebettet wird, der Löffelstiel springt nach proximal vor.

Die Unterschenkelschale besteht aus ARALDIT^{R}, einem weitgehend strahlendurchlässigem Kunststoff. Sie umfaßt die Wade und läßt das Schienbein frei. An den Seiten ist die Schale schmiegsam, so daß sie den Unterschenkel gut umgreifen kann, dorsal ist der Kunststoff mit einer Glasfibereinlage versehen und somit starr. Im distalen Drittel ist ein breiter Lederriemen angebracht, im proximalen ein Schnürverschluß zur Fixierung des Unterschenkels in der Schale. Plantar endet die Schale am Fußsohlenrand und vorfußwärts an der CHOPARTschen Gelenklinie.

4.3. Die Untersuchungsmethode

Der Unterschenkel des Patienten wurde bei Rückenlage und angewinkeltem Knie - und somit bei entspanntem Gastrocnemius - in die Kunststoffschale gelegt und fixiert. Die Schale mit dem fixierten Unterschenkel wurde an der äußersten proximalen Stütze mit dem Klettenverschluß und an der zweiten Stütze mit dem Lederriemen befestigt. Dabei wurde darauf geachtet, daß der mediale Fußrand senkrecht stand. Durch das Quengeln der Schenkel des dritten Läufers wölbten die Hammerköpfe die Schale in die Achillessehnengrube vor. Der löffelförmige Läufer wurde fest gegen die Ferse geschoben und in dieser Stellung arretiert. Damit sollte das untere Sprunggelenk weitgehend fixiert werden.

Der Vorfuß wurde in der U-förmig gebogenen Metallschiene mit einem Lederriemen fixiert, bis zur Grenze der Erträglichkeit passiv dorsal- und plantarflektiert und in den Endstellungen arretiert (Abb. 3). Durch die enge Führung des Rohres im Rundstahlstück war die Ab- und Adduktion weitgehend aufgehoben. Da hauptsächlich der mediale Ballen unterstützt war und der schmale Lederriemen die Verwindung des Vorfußes nicht ausschloß, war die Pro- und Supination bis zu einem gewissen Grade möglich. Dies störte bei der Flexion nicht, weil es weitgehend den normalen Verhältnissen beim Gang entspricht.

Die am Rohr in Millimetern abgelesene Differenz beider Endstellungen wurde notiert. In beiden Endstellungen wurde geröntgt; zentriert wurde auf den Gelenkspalt des Talo-Navikulargelenkes. Anschließend wurde die Fixierung der Ferse aufgehoben und wieder maximal passiv dorsal- und plantarflektiert. Die nun erhaltene Differenz der Bewegungsausschläge wurde mit der bei fixierter Ferse erhaltenen verglichen. Da nur unwesentliche Abweichungen - weniger als $\pm$ 10% vorlagen -, wurden keine Aufnahmen bei freigegebener Ferse gemacht.

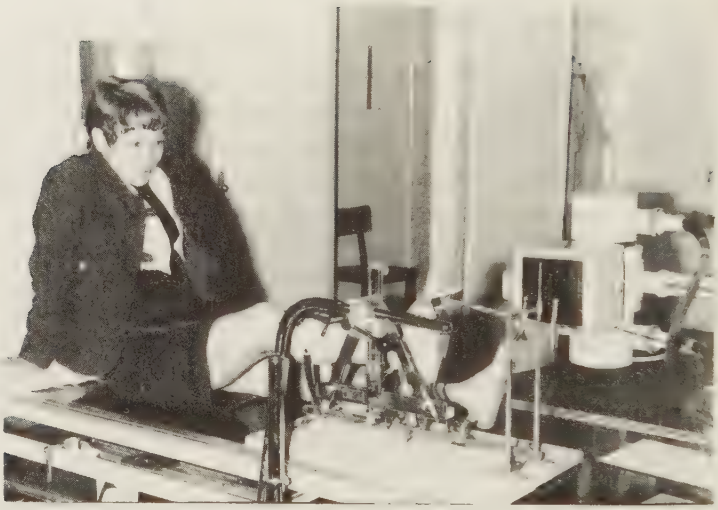

Abb. 3: Gerät in situ mit Kunststoffschale, ohne Röntgenfilmkasette

Die dorso-plantare Beweglichkeit des CHOPART-Gelenkes des gesunden Fußes des gleichen Patienten muß bei fixiertem oberen Sprunggelenk gemessen werden, um sie mit der des arthrodesierten Fußes vergleichen zu können. Bei der Untersuchung des gesunden Fußes stellte die Schale das obere Sprunggelenk nur ungenügend ruhig. Deshalb wurde hierfür statt der Schale der von ZIMMERMANN angegebene Unterschenkel-Rückfuß-Gips benutzt. Das eingegipste Bein wurde in der gleichen Weise wie das eingeschalte gelagert; der Vorfuß wurde - wie schon beschrieben - fixiert, maximal passiv dorsal- und plantarflektiert, in den Endstellungen arretiert und geröntgt. Der ungepolsterte Gips wurde so dicht an die Ferse modelliert, daß der Vorfuß innerhalb von 10 Minuten anschwoll und sich livide verfärbte. Dennoch gelang es entgegen der Angabe von ZIMMERMANN nicht, das obere und untere Sprunggelenk völlig ruhigzustellen.

Geröntgt wurde auf einem normalen Röntgentisch. Die Röhre wurde aus der üblichen Stellung - senkrecht über dem Tisch - um 90° nach außen und in die Waagerechte gedreht. Geröntgt wurde jeweils im fronto-medio-lateralen Strahlengang; der Abstand zwischen Röhre und Objekt betrug 90 cm und der zwischen Objekt und Bild 15 cm. Die Filmkasette wurde senkrecht zum Strahlengang an einem Plattenständer befestigt.

4.4. Die Auswertung der Röntgenbilder

Um die Beweglichkeit eines Fußes zahlenmäßig so bestimmen zu können, daß sie mit der anderer Füße verglichen werden kann, werden in die Röntgenbilder Winkel gezeichnet, deren Größe sich bei Flexion des Fußes ändert. Ihre Änderung ist ein Maß für die Beweglichkeit der Fußgelenke. Die Scheitel der Winkel brauchen nicht in die Drehpunkte der Gelenke gelegt zu werden. Es müssen aber die Geraden, die die Bewegungswinkel einschliessen, in dem Röntgenbild der plantaren Endstellung durch die gleichen Punkte der Fußwurzelknochen gelegt werden wie in dem Bild der dorsalen Endstellung. Die Differenz zwischen den Winkeln für ein Gelenk ist - wie sich geometrisch nachweisen läßt - gleich dem Drehwinkel des Gelenkes. Damit kann auch der Drehwinkel eines Gelenkes ermittelt werden, dessen Drehpunkt aus den Röntgenbildern nicht eindeutig ersichtlich ist. Bei der zeichnerischen Ermittlung der Winkel ergeben sich trotz der theoretischen Exaktheit dieser Methode folgende Fehlermöglichkeiten:

1. Die Projektion des Fußskelettes kann in beiden Endstellungen verschieden sein. Dadurch ist das Finden identischer Punkte oft sehr schwierig.
2. Durch unterschiedliche Projektion wird die Größe des zu bestimmenden Winkels verändert.
3. Das Zeichnen auf den Röntgenbildern ist wegen ihrer Glätte und Härte mit Schwierigkeiten verbunden.

Es werden die Winkel gezeichnet, die Aussagen über die Beweglichkeit im Talo-Navikulargelenk und im Talo-Kalkanealgelenk, sowie in den Vorfußgelenken ermöglichen. Das Talo-Kalkanealgelenk sollte auf Grund der Versuchsanordnung unbeweglich sein. Zusätzlich wird der Anteil der Beweglichkeit gemessen, der im Talo-Navikulargelenk auf das Klaffen entfällt.

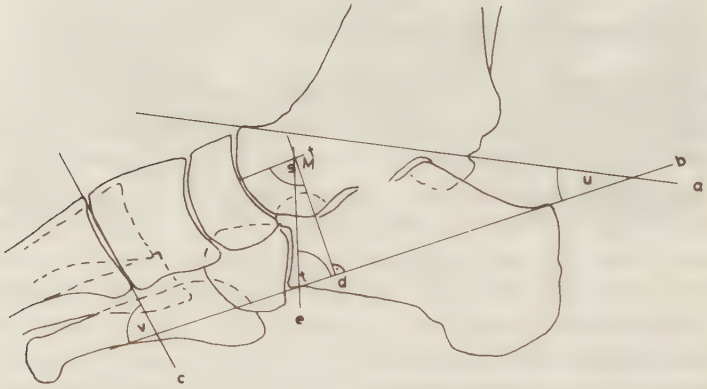

Abb. 4: Das Röntgenbild des Fußes mit den Geraden a, b, c, d, e und f, mit den Winkeln s, t, u und v und mit dem Punkt M.

In die Bilder werden die Geraden a, b, c, d, e und f eingezeichnet (Abb. 4). Die Geraden a, b und c gehen durch Punkte des Fußskelettes, die sich auf den Bildern beider Endstellungen eines Fußes möglichst eindeutig als die gleichen bestimmen lassen. Die Geraden d, e und f gehen durch den Punkt M. Bei der benutzten Projektion bildet die stärkste Verschattung der Gelenkpfanne des Navikulare einen Kreisbogen. Da die dorso-plantare Beweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes

gemessen werden soll, wird vereinfachend angenommen, daß dieses Gelenk einachsig ist und die Achse senkrecht auf dem Röntgenfilm steht. Die Projektion dieser Achse ist der Punkt M, der Mittelpunkt des Kreisbogens. Die Festlegung dieses Punktes erfolgt nach geometrischen Regeln.

Die durch die Geraden gebildeten Winkel s, t, u und v bestimmen die Stellung der Fußwurzelknochen zum Kalkaneus bei der Dorsal- und Plantarflexion. Es bestimmen der Winkel s die Stellungen des Navikulare, der Winkel u die des Talus und der Winkel v die des Vorfußes zum Kalkaneus. Der Winkel v setzt sich zusammen aus den Winkeln für die Stellungen des Talo-Navikulargelenkes, des Navikulo-Kuneiforme-I-Gelenkes und des Metatarso-I-Kuneiforme-I-Gelenkes. Der Winkel t soll den Anteil des Klaffens bei der Bewegung im Talo-Navikulargelenk bestimmen. Nähere Angaben über den Winkel t werden im Abschnitt 7 gemacht.

Abb. 5: Das Röntgenbild des Fußes mit den eingezeichneten Geraden a, c und f und den Winkeln A und B.

Nur bei völlig fixiertem Talo-Kalkanealgelenk ist die Beweglichkeit im Talo-Navikulargelenk durch die Differenz der Winkel s und die aller Vorfußgelenke durch die Differenz der Winkel v gegeben. Da durch die Versuchsanordnung zwar eine weitgehende, aber keine völlige Fixierung des Talo-Kalkanealgelenkes zu erreichen ist, wird die Beweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes und die der anderen Vorfußgelenke durch die Differenzen der Winkel A und B errechnet (Abb. 5). Der Winkel A wird durch die Geraden a und f und der Winkel B durch die Geraden a und c gebildet. Zusätzlich wird zur Ermittlung der Beweglichkeit der Vorfußgelenke ausschließlich des Talo-Navikulargelenkes die Differenz der Winkel A und B errechnet. Diese Differenz wird mit C bezeichnet.

Die Winkel werden mit Indices versehen. Der Index 1 bezeichnet die Dorsalflexion und der Index 2 die Plantarflexion, der Index A den arthrodesierten und der Index G den gesunden Fuß.

Es ist

$s_1 - s_2 = x$ = Beweglichkeit des Navikulare, bezogen auf den Rückfuß

$u_2 - u_1 = w$ = Beweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes

$v_1 - v_2 = y$ = Beweglichkeit des Metatarsale-I-Kuneiforme-I-Navikulo-Talo-Kalkaneal-gelenkes

$A_2 - A_1 = D$ = Beweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes

$B_1 - B_2 = E$ = Beweglichkeit des Talo-Navikulo-Kuneiforme-I-Metatarsale-I-Gelenkes

$C_1 - C_2 = F$ = Beweglichkeit des Navikulo-Kuneiforme-I-Metatarsale-I-Gelenkes

Es gilt

$$D = w + x$$
$$E = w + y$$
$$F = y - x$$

Die Ableitungen dieser Gleichungen können beim Verfasser

angefordert werden. Die Beweglichkeiten (Bewegungswinkel) werden für den arthrodesierten und den gesunden Fuß errechnet. Die Bewegungswinkel des gesunden Fußes werden von den entsprechenden des arthrodesierten Fußes abgezogen; Größe und Vorzeichen der Differenz sind das Maß für die Mehr- oder Minderbeweglichkeit.

Es sei

$$w_A - w_G = G$$
$$D_A - D_G = H$$
$$E_A - E_G = K$$
$$F_A - F_G = L$$

In der Gleichung für D und E ist w, das Ausmaß der Beweglichkeit im Talo-Kalkanealgelenk, enthalten. Wird eine unterschiedliche Beweglichkeit dieses Gelenkes am arthrodesierten und am gesunden Fuß ermittelt, so wird der errechnete Unterschied der Beweglichkeiten in den Talo-Navikulargelenken und in den Vorfußgelenken von dieser Differenz mitbestimmt. Deshalb erlauben H und K keine eindeutige Aussage über die Mehr- oder Minderbeweglichkeit in den betreffenden Gelenkabschnitten gegenüber dem Talus. Um eine eindeutige Aussage machen zu können, wird die Beweglichkeit im Talo-Kalkanealgelenk für beide Füße gleichgesetzt. Von H und K wird G subtrahiert und die so erhaltenen Werte werden mit den Buchstaben M und N bezeichnet. Es ist also:

$$M = H - G$$
$$N = K - G$$

Die Röntgenbilder werden auf zweierlei Veränderungen der Gelenke durchgesehen, 1. auf Umgestaltung der Gelenkflächen zur Anpassung an die neue Funktion und 2. auf Zerstörung des Gelenkknorpels. Erstere sind von M. LANGE und F.Th. BECKER (18) sowie von ZIMMERMANN (42) beschrieben worden, letztere werden als Arthrosis deformans in der Literatur nach oberer Sprung-

gelenksarthrodese (15,36), oder nach schlecht eingerichteten Sprunggelenks- oder Talusfrakturen angegeben.

5. Das Patientengut

Zwischen 1954 und 1967 wurden im Oskar-Helene-Heim in Berlin bei 44 Patienten ein oberes Sprunggelenk, bei einem Patienten beide obere Sprunggelenke und bei 7 Patienten das obere und das untere hintere Sprunggelenk eines Fußes operativ versteift. Von den insgesamt 52 Patienten konnten für die vorliegende Arbeit 29 nachuntersucht werden.

Bei diesen 29 Patienten war die Arthrodese indiziert
in 24 Fällen wegen einer Fraktur oder deren Folgen,
in 3 Fällen wegen Zustandes nach Poliomyelitis,
in 1 Fall wegen einer solitären Taluscyste,
in 1 Fall wegen einer Arthrose nach Osteochondrosis dissecans der Tibiabasis.

Im Gegensatz zu dem vorliegenden Material stehen die Angaben anderer Autoren, bei denen die Arthrodesen nach Poliomyelitis einen wesentlich größeren Anteil einnehmen (5,19,24,29,35). Bei BURKLE DE LA CAMP (4) findet sich ein Hinweis auf die steigende Zahl der durch posttraumatische Arthrose indizierten Arthrodesen. FRITZSCHE (11) gibt einem Uberblick der SUVA (Schweizer Unfall Versicherungs Anstalt) an, daß etwa 2 °/oo aller Sprunggelenksfrakturen in den Jahren 1948 bis 1955 letzten Endes durch eine Arthrodese erfaßt wurden.

Das Durchschnittsalter der 29 Patienten betrug am Operationstag 34,9 Jahre; der jüngste Patient war 16,5 Jahre und der älteste 63,3 Jahre alt. Die kürzeste Zeit zwischen Fraktur und operativer Versteifung betrug 16 Tage und die längste 18,6 Jahre, im Durchschnitt betrug sie 4,4 Jahre. Bei der

Nachuntersuchung betrug das Durchschnittsalter 40,5 Jahre, es lag zwischen 21,2 und 65,9 Jahren. Der zwischen Operation und Nachuntersuchung verstrichene Zeitraum betrug also im Durchschnitt 5,6 Jahre; die kürzeste Zeit betrug 7 Monate und die längste 10,6 Jahre.

Außerdem wurden drei weitere Patienten untersucht. Bei einem Patienten lag neben der Arthrodese des oberen Sprunggelenkes noch eine subtalare vor, bei einem anderen (21 Jahre) war im Alter von 10 Jahren eine hämatogene Osteomyelitis aufgetreten, die eine knöcherne Ankylose des oberen Sprunggelenkes bewirkt hatte. Der dritte Patient (26 Jahre) hatte eine schwere Arthrosis deformans mit Wackelsteife im oberen Sprunggelenk, er hatte im Alter von 10 Jahren eine Entzündung unbekannter Genese in diesem Gelenk gehabt.

Von den 32 Patienten sind 14 mit der Funktion ihres operierten Fußes sehr zufrieden - zwei Patienten mit einer Arthrodese des oberen Sprunggelenkes beginnen wieder Sport zu treiben. 13 Patienten sind zufrieden, da ihr Zustand durch die Operation gebessert worden sei. Nur 5 Patienten sind unzufrieden, weil sich durch die Operation keine Besserung der Beschwerden ergeben habe.

10 Patienten tragen immer Konfektionsschuhe, 6 nur bei besonderen Gelegenheiten; 12 Patienten geben an, nur in ihrem Maßschuh gehen zu können, während 4 Patienten den Maßschuh nur bei großer Belastung während der Arbeit tragen.

Die Frage, wieviel sie täglich gingen, beantworteten 10 Patienten mit "sehr viel", 10 mit "im Rahmen des üblichen" und 12 mit "so wenig wie möglich".

Das Patientengut wurde alphabetisch geordnet und fortlaufend numeriert. Es umfaßt Patienten mit Sprunggelenksarthrodesen

unterschiedlichen Ausmaßes, die teilweise verschieden untersucht wurden. Deshalb wurde es in Gruppen gleicher Kriterien, die Gruppen A, B und C eingeteilt.

Gruppe A enthält 5 Patienten mit Arthrodese des oberen Sprunggelenkes. Bei diesen Patienten wurde nur der arthrodesierte Fuß untersucht.

Gruppe B enthält 17 Patienten, deren oberes Sprunggelenk operativ versteift wurde.

Gruppe C enthält 4 Patienten, deren oberes und unteres hinteres Sprunggelenk operativ versteift wurde.

Ferner wurden 6 Patienten untersucht, die Besonderheiten aufwiesen wie: Arthrodese beider oberer Sprunggelenke, Arthrodese nach WHITMAN, Ankylose und Wackelsteife im oberen Sprunggelenk, Triplearthrodese und andere umfassende Versteifungen.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, daß die Kompensation vornehmlich vom Operationsalter des Patienten abhängt. Um diese Abhängigkeit zu überprüfen, wurde die Gruppe B in 3 Untergruppen nach dem Operationsalter eingeteilt. Zur Gruppe B_1 gehören die bis zu 30 Jahre alten Patienten, zur Gruppe B_2 die 31-45 jährigen und zur Gruppe B_3 die mehr als 45 Jahre alten Patienten. Somit ergibt sich folgende Verteilung der Fälle auf die einzelnen Gruppen:

Gruppe A: Fall 4, 20, 21, 24, 25
Gruppe B_1: Fall 3, 9, 12, 14, 18, 30
Gruppe B_2: Fall 2, 7, 10, 11, 23, 31
Gruppe B_3: Fall 16, 22, 26, 29, 32
Gruppe C: Fall 8, 15, 17, 33
Die 6 Patienten mit den Besonderheiten sind die Fälle 1, 5, 6, 19, 27 und 28.

Weil die Zuordnung des Falles 14 in Gruppe B_1 wegen seiner

Besonderheit problematisch ist, wird er auch im Zusammenhang mit den besonderen Fällen behandelt. Die wichtigsten Daten der Krankengeschichte sind:
Ursula J., geb. 12. 4. 1946, seit etwa dem 8. Lebensjahr Beschwerden im linken oberen Sprunggelenk, 1956 erstmals Operation des linken Sprunggelenkes wegen Osteochondrom an der Tibiabasis. 1957 erneuter Eingriff; oberes Sprunggelenk weiterhin unbeweglich. In der Folgezeit teilweise Destruktion der distalen Wachstumsfuge; dadurch kommt der Fuß in exorbitante Spitzfußstellung, es entwickelt sich eine Arthrosis deformans. Da der Fuß beruflich stark belastet wird, wird am 12. 10. 1966 die obere Sprunggelenksarthrodese mit Korrektur der Fußstellung durchgeführt.

6. Untersuchungsergebnisse

Die anhand der Röntgenbilder gemessenen und errechneten Werte und die aus den Krankengeschichten ermittelten Daten sind gruppenweise in Tabellen eingetragen (Abschnitt 10).

Mit Gültigkeit für alle Gruppen wurde gefunden:

1. Die verwendete Meßmethode erlaubt keine eindeutige Aussage über den Anteil des Klaffens bei der Bewegung im Talo-Navikulargelenk. Die Ergebnisse lassen aber den Schluß zu, daß das Klaffen praktisch ohne Bedeutung ist.
2. Die Beweglichkeit im Talo-Kalkanealgelenk läßt sich weder an den arthrodesierten Füßen mit der Kunststoffschale noch an den gesunden Füßen mit dem Unterschenkel-Rückfuß-Gips völlig aufheben. An den gesunden Füßen wurden Werte zwischen -1° und 4° gemessen, im Mittel 1°. Die für die arthrodesierten Füße gemessenen Werte bewegten sich um den Mittelwert 4° zwischen den Grenzwerten 1° und 10°.

3. Die Beweglichkeit der Fußgelenke der gesunden Füße ist individuell verschieden. Ein Nachlassen der Beweglichkeit mit zunehmendem Alter konnte nicht festgestellt werden. Die des Talo-Navikulargelenkes (D) schwankt zwischen 1,5° und 13°, der Mittelwert beträgt 7°. Die Beweglichkeit der übrigen Vorfußgelenke (F) bewegt sich um den Mittelwert von 10,0° in den Grenzen 3° und 18°. In Abbildung 6 sind D_G und F_G gegen das Alter der Patienten aufgetragen.

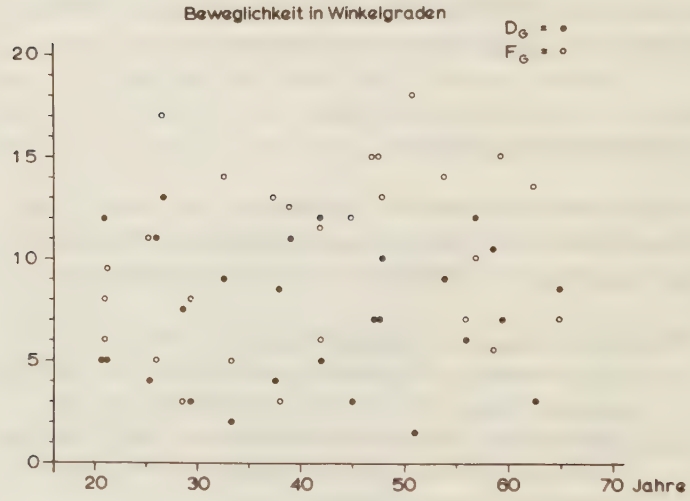

Abb. 6: Beweglichkeiten des Talo-Navikulargelenkes und der übrigen Vorfußgelenke gesunder Füße im Zusammenhang mit dem Lebensalter.

Für Gruppe A sind die Gelenkbeweglichkeiten des arthrodesierten Fußes in der Tabelle 1 angegeben. Ohne Berücksichtigung des Falles 21 ergibt sich als Mittelwert für w_A 3,4°, für

D_A 9,0° und für E_A 14,9°. Die Abweichung von den in der Tabelle 5 für die Gruppe B (ohne die Fälle 10 und 14) angegebenen Mittelwerten - w_A = 3,8°, D_A = 9,3° und E_A = 18,7° - ist nicht sehr erheblich. Im Fall 21 trat im Anschluß an die Operation eine Sudecksche Dystrophie auf, die erhebliche Beschwerden verursachte; unter anderem war eine Cyste im Talus röntgenologisch nicht auszuschließen. Dementsprechend schlecht waren die Beweglichkeit des Fußes und das subjektive Befinden des Patienten.

Für die Gruppe B, Tabellen 2 - 5 und 8 - 11, ergeben sich ohne Berücksichtigung des Falles 14 für D_A Werte bis zu 20°. Die aus D_A und D_G errechneten Werte H sind aber wesentlich geringer; sie betragen im Mittel 3° und liegen zwischen -3° und +7,5°. Für den Fall 14 wurde H zu 12,5° ermittelt; dieser Wert wurde bei der Errechnung des Mittelwertes nicht berücksichtigt. Auf die Problematik der Eingruppierung dieses Falles wurde schon hingewiesen. In den Altersgruppen der Gruppe B ergeben sich für H folgende Mittelwerte: in B_1 6,7° (5,6° ohne Berücksichtigung von Fall 14), in B_2 2,1° und in B_3 2,0°.

Wird H bezüglich der unterschiedlichen Beweglichkeit der Talo-Kalkanealgelenke um G korrigiert, so ergibt sich M. Der Mittelwert für M beträgt in B_1 2,9° (2,5° ohne Berücksichtigung des Falles 14), in B_2 -1,8° und in B_3 -0,6°. Bei gleichgroßer Beweglichkeit der Talo-Kalkanealgelenke des arthrodesierten und des gesunden Fußes ist also in der Gruppe B_1 eine geringe Mehrbeweglichkeit im CHOPART-Gelenk vorhanden; in der Gruppe B_2 ist die Beweglichkeit des CHOPART-Gelenkes des arthrodesierten Fußes etwas eingeschränkt und in Gruppe B_3 besteht kaum ein Unterschied in der Beweglichkeit.

Die unterschiedliche Beweglichkeit der Fußgelenke ohne die des Talo-Navikulargelenkes wird durch L ausgedrückt. In

Gruppe B beträgt L im Mittel $-2,3^{\circ}$ und liegt zwischen $4,5^{\circ}$ und -7°. Im Fall 10 ist L 14°. Wegen einer hochgradigen Schwäche des medialen Bandapparates ist der Patient unbedingt auf einen orthopädischen Schuh angewiesen; bei der Errechnung des Mittels wird deshalb dieser Fall nicht berücksichtigt. In den einzelnen Altersgruppen der Gruppe B ergeben sich für L folgende Mittelwerte: In B_1 $-1,9^{\circ}$, in B_2 $-1,9^{\circ}$ (1° einschließlich Fall 10) und in B_3 $-3,4^{\circ}$.

Wird L bezüglich der unterschiedlichen Beweglichkeiten der Talo-Kalkanealgelenke korrigiert, so ergibt sich N. Für N wurde ein Mittel von $-1,3^{\circ}$ errechnet, das sich aus einer positiven Abweichung von $3,1^{\circ}$ ($1,9^{\circ}$ ohne die Fälle 10 und 14) und aus einer negativen Abweichung von -4° zusammensetzt. Folgende Mittelwerte ergeben sich für die einzelnen Altersgruppen: In B_1 $0,6^{\circ}$ ($0,7^{\circ}$ ohne Fall 14), in B_2 $-1,1^{\circ}$ ($-3,1^{\circ}$ ohne Fall 10) und in B_3 -4°.

In der Gruppe B ist in 10 von 17 Fällen eine Mehrbeweglichkeit in den Vorfußgelenken mit einer Minderbeweglichkeit im CHOPART-Gelenk verbunden oder umgekehrt. Deshalb ist zu erwarten, daß die Beweglichkeit der Gelenke des arthrodesierten Fußes und die des gesunden Fußes im Mittel etwa gleich groß sind; sie (K) beträgt im Mittel $2,2^{\circ}$ ($0,6^{\circ}$ ohne die Fälle 10 und 14). Diese Mittelwerte ergeben sich aus einer mittleren Mehrbeweglichkeit von $6,5^{\circ}$ ($4,4^{\circ}$ ohne die Fälle 10 und 14) und aus einer mittleren Minderbeweglichkeit von $3,5^{\circ}$.

In der Gruppe C, Tabellen 6 und 12, liegt D_G zwischen 2° und 12° und beträgt im Mittel 7°. D_A ist minimal 4°, maximal 11° und im Durchschnitt 7° groß. Die Differenz H zwischen D_A und D_G beträgt -3° bis $+2^{\circ}$ und im Mittel 0°. Der Beweglichkeitsunterschied L der distalen Gelenke schwankt zwischen 0° und $-5,5^{\circ}$, die Beweglichkeit K aller Fußgelenke hat um 1° bis $6,5^{\circ}$ nachgelassen. H und K betragen im Durchschnitt $-2,9^{\circ}$. Wird

die Beweglichkeit des gesunden Talo-Kalkanealgelenkes als null angenommen, so schwankt die Differenz M der Beweglichkeit im CHOPART zwischen 2° und -7°, das Mittel beträgt $-2,8^{\circ}$. Unter der gleichen Annahme liegt der Beweglichkeitsunterschied N aller Fußgelenke zwischen 3° und $-3,5^{\circ}$ und ist im Mittel $0,1^{\circ}$.

Bei den Patienten mit den Besonderheiten, Tabellen 7 und 13, ist ein direkter Vergleich der Fälle untereinander und ein Errechnen der durchschnittlichen Beweglichkeit nicht möglich. Dennoch lassen sich innerhalb der 7 Fälle die in etwa gleichen zusammenfassen: die Fälle 1, 19 und 27 sowie die Fälle 6 und 14. Die Fälle 5 und 28 müssen dagegen für sich betrachtet werden.

Bei Fall 1 liegt zusätzlich zur Arthrodese des oberen Sprunggelenkes eine subtalare Arthrodese vor. Im Fall 19 ankylosierten im Anschluß an die Arthrodese des oberen Sprunggelenkes das untere Sprunggelenk und das CHOPART-Gelenk. Im Fall 27 trat nach einer Fraktur im oberen Sprunggelenk eine Nekrose des Talushalses ein, weshalb eine Arthrodese nach WHITMAN durchgeführt wurde mit der Modifikation, daß das Caput tali erhalten blieb. In diesen drei Fällen läßt sich nur die Beweglichkeit des Vorfußes gegen den Kalkaneus (y) bestimmen. Y_A beträgt 8°, $5,5^{\circ}$ und 13°, im Mittel $8,6^{\circ}$, y_G $21,5^{\circ}$, $13,5^{\circ}$ und 13°, im Mittel 16°.

In den Fällen 6 und 14 ankylosierte noch vor Abschluß des Knochenwachstums das obere Sprunggelenk. Im Fall 6 trat die knöcherne Ankylose in guter Gebrauchsstellung ein, in Fall 14 zwangen starke arthrotische Beschwerden bei unvollkommener Ankylose und Fußfehlstellung zur Korrektur mit Arthrodese. Bei beiden Fällen besteht eine auffallende Mehrbeweglichkeit des ankylosierten Fußes, die fast ausschließlich auf die Zunahme der Beweglichkeit im Talo-Kalkanealgelenk (G) zurückzuführen ist. G beträgt $9,5^{\circ}$ im Fall 6 und $7,5^{\circ}$ im Fall 14.

Bei Fall 5 besteht eine schwere Arthrosis deformans des oberen Sprunggelenkes; trotz der Arthrose war das Gangbild vollkommen unauffällig. Die Bestimmung der Beweglichkeit der Gelenke des arthrotischen Fußes wurde durch reflektorisches Spannen gestört. Obwohl M -5° und N nur $+1^{\circ}$ beträgt, ist die Beweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes im gestörten Fuß 3° größer als im gesunden.

Im Fall 28 liegt eine beiderseitige Arthrodese der oberen Sprunggelenke vor. Wegen dieser Besonderheit sei die Krankengeschichte kurz zitiert:
Hannelore R., geb. 3. 10. 1943, am 29. 10. 1959 beiderseitige bimalleoläre Luxationsfraktur nach Sturz aus dem dritten Stock, Anlegen eines Gipses. Am 22. 4. 1960 wird die Arthrodese des linken oberen Sprunggelenkes durchgeführt. Im rechten oberen Sprunggelenk entwickelt sich eine Arthrosis deformans. Am 1. 9. 1964 fällt die Patientin auf den rechten Außenknöchel, dadurch schreitet trotz Ruhigstellung in einem Gips die Deformierung des Gelenkes fort und macht die Arthrodese des rechten oberen Sprunggelenkes erforderlich, die am 11. 8. 1965 durchgeführt wird. Seit Frühjahr 1966 trägt die Patientin wieder ausschließlich Konfektionsschuhe. Der linke Fuß weist in allen Gelenken eine größere Beweglichkeit auf als der rechte. Im linken Fuß ist $x = 9^{\circ}$, $D = 17^{\circ}$, $F = 11^{\circ}$ und $E = 28^{\circ}$, im rechten Fuß ist $x = 5^{\circ}$, $D = 10^{\circ}$, $F = 6^{\circ}$ und $E = 16^{\circ}$.

Die Beweglichkeit der Gelenke der arthrodesierten Füße weicht im Mittel nur wenig ($+6{,}8^{\circ}$ bis -4°) von der der gesunden Füße ab. In einzelnen Fällen sind die Abweichungen aber erheblich größer; maximal beträgt die Mehrbeweglichkeit $16{,}5^{\circ}$, die Minderbeweglichkeit -7°.

Es wurde untersucht, inwieweit diese Ergebnisse von der zwischen Operation und Nachuntersuchung vergangenen Zeit z_2 abhängig sind. Für die Gruppen B und C wurden im Koordinaten-

system die Beweglichkeitsunterschiede G, H, K, M und N über z_2 aufgetragen. In den Gruppen B streuen die Diagrammpunkte so stark, daß eine Aussage über eine zeitliche Abhängigkeit nicht gemacht werden kann. Es wurden daher die Mittelwerte für je zwei Nachbarpunkte eingezeichnet. Diese Diagramme lassen für G die Annahme zu, daß die Mehrbeweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes im Laufe der Zeit nachläßt. Die Punkte für M und N weisen so starke Schwankungen auf, daß eine eindeutige Schlußfolgerung kaum möglich ist. Es darf aber ein Nachlassen der Beweglichkeit mit der Zeit angenommen werden. Für K ergeben sich für alle Altersgruppen Kurven mit etwa gleichem Verlauf. K wird mit zunehmendem z_2 kleiner, ebenso die Differenz zweier Nachbarwerte; die Kurven lassen auf eine logarithmische Funktion schließen. In B_1 verläuft die Kurve im positiven Bereich, in B_2 geht sie nach 2 Jahren in den negativen über und in B_3 sind alle Werte negativ. Die Mittelwerte für H, die Beweglichkeitsunterschiede in den Talo-Navikulargelenken, bleiben dagegen in etwa gleich, in B_1 liegen sie bei 5°, in B_2 und B_3 bei 1°.

Für die Gruppe C ergibt sich ein leichtes Nachlassen der Mehrbeweglichkeit der Talo-Navikulargelenke (H) und eine Zunahme der Beweglichkeit der Vorfußgelenke (K).

Schlecht eingerichtete Frakturen oder andere Einschränkungen der Funktion im Bereich der Sprunggelenke können eine Arthrosis deformans in den Sprunggelenken und auch in den benachbarten Gelenken zur Folge haben. Bei 28 der 32 nachuntersuchten Patienten wurde wegen der eingetretenen oder der zu erwartenden Beschwerden die Arthrodese des oberen oder des oberen und des unteren hinteren Sprunggelenkes durchgeführt. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Mehr- oder Minderbeweglichkeit der Gelenke des arthrodesierten Fußes und einer Früh- oder Spätarthrodese feststellen zu können, wurden im Koordinatensystem die Beweglichkeitsunterschiede

über z_1 (Zeitraum zwischen dem Eintritt des zur Arthrodese führenden Ereignisses und der Arthrodese) aufgetragen. Für die Fälle 8 und 11 konnte z_1 nicht bestimmt werden, nach Poliomyelitis hatte eine muskuläre Schwäche zu einem häufigen Umknicken des Fußes und damit zu einer Arthrosis deformans geführt. Ebenso kann für Fall 14 z_1 nicht angegeben werden. In den Fällen 2, 29 und 33 wies die Anamnese mehrere Ereignisse auf, die jedes für sich zur Arthrodese geführt haben könnten. Daher wurden für die Fälle 2 und 29 zwei Werte für z_1 angesetzt. Im Fall 33 wurde nur das erste Ereignis berücksichtigt, weil das zweite nur ein halbes Jahr später eintrat.

Die Diagramme für G, M und N in den Gruppen B und die für H und K in der Gruppe C ermöglichen keine eindeutigen Schlußfolgerungen. Aus den Diagrammen mit den Mittelwerten für je zwei Nachbarpunkte kann geschlossen werden, daß in allen Gruppen B die Mehrbeweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes mit größer werdendem z_1 abnimmt, aber positiv bleibt; die Abnahme scheint konstant zu sein. Dagegen kann angenommen werden, daß die Mehrbeweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes (M) in den Gruppen B_1 und B_2 zunimmt. Bei einer anfänglichen Minderbeweglichkeit im arthrodesierten Fuß ist M in B_1 nach 3 Monaten und in B_2 nach 3,5 Jahren gleich null, danach ist Mehrbeweglichkeit vorhanden. Die Kurven lassen auf eine logarithmische Abhängigkeit von z_1 schließen. In B_3 ist dagegen keine Abhängigkeit der Mehrbeweglichkeit von der Zeit z_1 zu erkennen. In den Gruppen B scheint die Zeit z_1 keinen Einfluß auf die Mehrbeweglichkeit der Vorfußgelenke (N) zu haben. In der Gruppe C ist für H und K die gleiche Tendenz zu erkennen wie für M in den Gruppen B_1 und B_2.

Nach Ankylose des oberen Sprunggelenkes ist die Lage der Gelenkflächen des CHOPART-Gelenkes in einer Ebene beschrieben worden (18,29). Von den nachuntersuchten Patienten weisen die Fälle 6 und 14 eine Ankylose auf. Im Fall 6 ist das

CHOPART-Gelenk des ankylosierten Fußes S-förmig wie das des gesunden Fußes, im Fall 14 dagegen liegen die Gelenkflächen in einer Ebene. Die gleichen Veränderungen des CHOPART-Gelenkes weisen die Fälle 9 und 11 auf. In den Fällen 18, 26 und 31 ist sie deutlich, aber nicht ganz so stark ausgeprägt. In den restlichen Fällen ist sie nur angedeutet oder fehlt ganz. Bei Veränderung des CHOPART-Gelenkes wird auch eine Veränderung des hinteren Talo-Kalkanealgelenkes beobachtet. Die Form der umgewandelten Gelenkflächen deutet auf eine reine Dorsal- und Plantarflexion hin. Deutliche Veränderungen werden im Fall 14 beobachtet. In den Fällen 12, 18, 30 und 32 scheint die Anpassung an die neue Funktion noch nicht so weit fortgeschritten zu sein. In den übrigen Fällen ist sie noch schwächer oder gar nicht vorhanden. Während in den Fällen 14, 18 und 31 gleichstarke Veränderungen beider Gelenke beobachtet werden, ist in den anderen Fällen die Veränderung des einen Gelenkes stärker ausgeprägt als die des anderen; so ist z.B. im Fall 28 am rechten Fuß die Veränderung des CHOPART-Gelenkes stärker als am linken und die des Talo-Kalkanealgelenkes am linken Fuß stärker als am rechten.

Ein Zusammenhang zwischen den arthrotischen Erscheinungen und den Veränderungen der Gelenke ist nicht zu erkennen. Nicht jede deutliche Veränderung geht mit einer starken Arthrosis deformans einher. So weist Fall 14 deutliche Veränderungen auf, bei nur leichter Arthrosis deformans; dagegen haben die Fälle 8, 15, 29 und 30 mittlere bis schwere Grade der Arthrosis deformans bei nur angedeuteten Veränderungen der Gelenkflächen hinsichtlich der Anpassung an die neue Funktion. Ein Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der arthrotischen Erscheinungen und der Zeit z_1 oder z_2 oder der Summe beider Zeiten kann ebenfalls nicht festgestellt werden. In den Tabellen 14 bis 19 sind für jeden Patienten das Geburtsdatum, das Operationsalter, die Zeit z_2 und - soweit möglich - die Zeit z_1 angegeben.

7. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Bei der Diskussion der Untersuchungsergebnisse müssen die Fehlermöglichkeiten der Untersuchungsmethode berücksichtigt werden.

Es wird wiederholt darauf hingewiesen, daß die zwangsläufige Mitbewegung des Kalkaneus um die Kompromißachse des unteren Sprunggelenkes bei Bewegungen des Vorfußes die Bestimmung der Beweglichkeit des CHOPART-Gelenkes stört (GÜNTZ 12). Diese sollte durch das Untersuchungsgerät verhindert werden. Allerdings diente es in erster Linie zur Bestimmung der Beweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes ohne Mitbewegung des Kalkaneus; denn einfache Berechnungen zeigen, daß der bei der Bewegung des Kalkaneus entstehende objektive Fehler nicht sehr groß ist. So rufen erst erhebliche Pro- und Supinationsbewegungen des Kalkaneus eine Drehung der Geraden b in der Projektionsebene um nur 1° hervor. Aber diese geringe Änderung der Lage des Kalkaneus kann einen subjektiven Fehler zur Folge haben, weil die für die Festlegung der Geraden b benutzten Knochenpunkte nach der Drehung von anderen Knochenkonturen überlagert sein können und sich nicht immer erneut eindeutig bestimmen lassen. Obwohl die Gerade b zur Bestimmung sämtlicher Winkel dient und somit dieser Fehler in die Berechnung aller Winkel eingeht, wurde die Bestimmung über die Gerade b aus zwei Gründen gewählt:

1. Sie erlaubt eine genauere Beurteilung der Frage - ohne Berücksichtigung weiterer Fehlerquellen bei der Festlegung des Kalkaneo-Navikulare-Winkels s (Abb. 4) -, ob eine Steigerung der Beweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes und damit der Beweglichkeit des CHOPART-Gelenkes allein erfolgt oder ob sie mit einer Steigerung der Beweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes einhergeht.
2. Mit den relativ großen Schnittwinkeln u und s der

Geraden a/b und d/f kann die Differenz der kleinen Talo-Navikularwinkel A errechnet werden. Es entfällt somit die verhältnismäßig große Fehlermöglichkeit bei der Ablesung der kleinen Winkel A.

Die Bewegung des Navikulare erfolgt nicht um die angenommene auf der Projektionsebene senkrecht stehende Achse. Deshalb ändert sich die Projektion des Navikulare bei der Dorsal- und Plantarflexion des Vorfußes. Dadurch wird die erneute Festlegung der Geraden f und des Punktes M und damit verbunden die der Geraden e erschwert. Die Größe des Fehlers, der beim Zeichnen des Kalkaneo-Navikulare-Winkels s entsteht, läßt sich nur schätzen; der beim Zeichnen des Winkels t entstehende Fehler (t soll das Klaffen im Talo-Navikulargelenk angeben) macht eine genaue Aussage unmöglich, obwohl er nur wenige Grad beträgt.

Die aufgezeigten Fehler sind subjektiv. Ihre Größe ist von dem Ausmaß der Gelenkbeweglichkeiten abhängig und läßt sich nicht bestimmen.

Deshalb und wegen der geringen Unterschiede zwischen den Gelenkbeweglichkeiten des arthrodesierten und denen des gesunden Fußes wird das Gesamtergebnis wie folgt formuliert:

1. An gesunden Füßen findet im Talo-Navikulargelenk eine Dorsal- und Plantarflexion statt, ohne daß das Gelenk dabei wesentlich klafft. Der vorhandene Bewegungsumfang ist individuell verschieden. Ein Hinweis dafür, daß er bei älteren Patienten kleiner ist als bei jungen, ergibt sich nicht.
2. Wird nach Abschluß des Knochenwachstums das obere Sprunggelenk arthrodesiert, so wird der dabei eingebüßte Bewegungsspielraum nicht kompensiert. Die nach der Arthrodese vorhandene Funktionstüchtigkeit des Fußes ist im wesentlichen abhängig von dem

schon vorher vorhandenen Bewegungsumfang der benachbarten Gelenke. Eine Steigerung der Beweglichkeit hinsichtlich der Plantarflexion kann allerdings im unteren Sprunggelenk eintreten; diese beruht hauptsächlich auf einer Steigerung der Beweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes. Sie ist auf eine Lockerung des Lig. interosseum zurückzuführen. Bei jüngeren Patienten konkurriert in der Zunahme der Beweglichkeit das Talo-Navikulargelenk mit dem Talo-Kalkanealgelenk; bei älteren Patienten ist für eine Zunahme der Beweglichkeit allein das Talo-Kalkanealgelenk entscheidend.

3. Eine zeitliche Abhängigkeit zwischen der Dauer einer Arthrodese des oberen Sprunggelenkes und einer eintretenden Mehrbeweglichkeit der benachbarten Gelenke scheint nicht zu bestehen. Ebenso scheint der Zeitraum, der zwischen dem Eintritt des zur Arthrodese führenden Ereignisses und ihrer Durchführung liegt, ohne Einfluß zu sein. Ein zeitlicher - allerdings indirekter - Zusammenhang kann darin gesehen werden, daß ungenügend eingerichtete Frakturen des oberen Sprunggelenkes unter anderem zu einer Destruierung des Talo-Kalkanealgelenkes führen können (1,15,32,37). Auch eine Mehrbelastung (25) nach Arthrodese bedingt eine Arthrosis deformans des Talo-Kalkanealgelenkes (15,36); vor allem bei älteren Patienten kann diese schneller eintreten. Für einen schmerzfreien Gebrauch des Fußes und damit das Tragen eines Konfektionsschuhes ist vor allen Dingen die Funktionsfähigkeit des Talo-Kalkanealgelenkes von besonderer Bedeutung.

Im Widerspruch zu diesem Ergebnis stehen die Angaben über eine weitgehende Kompensation der verlorengegangenen Beweg-

lichkeit des oberen Sprunggelenkes, wie sie neben anderen Autoren (14,21,27,34,36,37,41) vor allem von M. LANGE (19) gefordert wird. Dabei stützen sich die Autoren auf die Beobachtung, daß nach Ankylose des oberen Sprunggelenkes im frühen Kindesalter eine wiegenförmige Umgestaltung des Taluskopfes erfolgte. Damit war eine - normalerweise nur gering vorhandene (40) - derart starke Dorsal- und Plantarflexion im CHOPART-Gelenk eingetreten, daß sich die Beweglichkeit des gesunden und des ankylosierten Fußes kaum voneinander unterschied.

Die daraus resultierende Folgerung, daß nach Arthrodese des oberen Sprunggelenkes im Jugendalter in etwa die gleichen Verhältnisse eintreten müßten, wurde aufgestellt unter Übersehen folgender Tatsachen:

1. Die Plantar- und Dorsalflexion des CHOPART-Gelenkes kann sehr erheblich sein und ist individuell verschieden groß.
2. Das Wachstum des Talus war zu dem Zeitpunkt, an dem die Ankylose eintrat, noch nicht abgeschlossen. Dementsprechend reichten die nun auf den Taluskopf einwirkenden Kräfte aus, um ihn bei der noch vorhandenen Plastizität umzugestalten. Die auftretenden Kräfte sind aber zu gering, um dem knöchernen Talus eine Umgestaltung zu induzieren.

Aber der Zustand der Kompensation braucht nicht als derjenige verstanden zu werden, bei dem die Beweglichkeiten des arthrodesierten und des gesunden Fußes nahezu gleich sind. Er kann auch so aufgefaßt werden, daß die eingetretene Ersatzbeweglichkeit der benachbarten Gelenke ein unbeschwertes und einwandfreies Gehen in der Ebene ermöglicht.

Legt man der Beurteilung letztere Auffassung zugrunde, so ist es wesentlich schwerer anzugeben, ob eine eingetretene Mehr-

beweglichkeit eine Kompensation darstellt. Auf die Schwierigkeit, die Mindestbeweglichkeit des oberen Sprunggelenkes beim Gang in der Ebene - etwa 30° - anzugeben, wurde schon hingewiesen. Wieweit sie durch das Tragen eines Konfektionsschuhes oder durch den bei allen Patienten unter der Operation eingestellten Spitzfuß beeinflußt wird, ist nicht bekannt. Als gesichert gilt nur, daß eine Spitzfußstellung (27) oder das Tragen eines höheren Absatzes (10) den Umfang der bei jedem Schritt notwendigen Bewegung im oberen Sprunggelenk reduziert. Außerdem führt eine Spitzfußstellung zu einer Bereitschaftsstellung für die Stemmbewegung (34) und erleichtert dadurch die Fortbewegung.

Da bei allen Patienten die Arthrodesierung in einer Spitzfußstellung von etwa 95-100° vorgenommen wurde, ist die Annahme gerechtfertigt, daß die sich einstellende Beweglichkeit im unteren Sprunggelenk dem unbekannten Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk entspricht. Von den 17 Patienten der Gruppe B haben 13 einen Bewegungsumfang zwischen 6° und 11° im unteren Sprunggelenk des arthrodesierten Fußes, davon haben 5 Patienten 11°.

Untersucht man nun für diese 13 Patienten den Bewegungszuwachs im unteren Sprunggelenk und den der anderen Gelenke des Fußes und stellt die gefundenen Werte den subjektiven Angaben - Beschwerdefreiheit und einwandfreies Gangbild - gegenüber, so ergibt sich, daß nur bei 4 Patienten der Ausfall des oberen Sprunggelenkes kompensiert worden ist.

Dagegen bieten alle Patienten, deren unteres Sprunggelenk des arthrodesierten Fußes einen Bewegungsumfang von mehr als 11° aufweist, ein befriedigendes Gangbild; bei allen ist der Ausfall des oberen Sprunggelenkes kompensiert. Als Beispiel möge der Fall 28 angeführt werden: Für den beschwerdefreien linken Fuß wurde der Bewegungsumfang des unteren

Sprunggelenkes zu 17° ermittelt; der rechte Fuß, der Beschwerden verursachte, wies nur 10° Bewegungsumfang im unteren Sprunggelenk auf.

Untersucht man bei Patienten, bei denen der Ausfall des oberen Sprunggelenkes kompensiert ist, den Zuwachs der Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes, so findet man, daß er - von den Fällen 6 und 14 abgesehen - maximal 7,5° beträgt. Daraus darf geschlossen werden, daß im Anschluß an eine Arthrodesierung selbst nach Abschluß des Knochenwachstums das untere Sprunggelenk seine Beweglichkeit noch steigern kann. Der Beweglichkeitszuwachs scheint aber auch unter optimalen Bedingungen einen Höchstbetrag von etwa 7° nicht zu überschreiten. Voraussetzung für den Eintritt der Mehrbeweglichkeit ist die Lockerung des Lig. talo-calcaneae interosseum; Voraussetzung für einen schmerzfreien Gebrauch ist der einwandfreie Zustand der Gelenkflächen des unteren Sprunggelenkes.

Mehrere Autoren (10,14,24,26) nahmen als Folgezustand nach Arthrodese des oberen Sprunggelenkes eine Lockerung und Mehrbeweglichkeit auch der Vorfußgelenke an. Diese Annahme kann nicht bestätigt werden. Die Beweglichkeit dieses Gelenkabschnittes war bei dem arthrodesierten und bei dem gesunden Fuß in den meisten Fällen in etwa gleich groß.

Abschließend darf also gesagt werden, daß im einwandfreien unteren Sprunggelenk nach Arthrodese des oberen Sprunggelenkes auch noch nach Abschluß des Knochenwachstums eine gewisse Mehrbeweglichkeit eintreten kann. Diese reicht aber in der Regel nicht zu einer vollständigen Kompensation aus, so daß noch andere Hilfsmechanismen wie Stemmbewegung und Beckendrehung hinzugezogen werden müssen.

Damit besteht eine Übereinstimmung mit den Autoren, die bei

einwandfreien Gelenken von "ganz ausgezeichneten Ergebnissen" berichten (37), eine gewisse Kompensation annehmen (10,14) und von einem guten Ergebnis sprechen, "sofern die Arthrodese knöchern fest ist und der Patient längere Zeit beschwerdefrei gehen kann" (5).

8. Zusammenfassung

Es sollte untersucht werden, ob kompensatorische Bewegungen der Fußwurzelgelenke bei Versteifung des oberen Sprunggelenkes eintreten.
Zur Untersuchung gelangten insgesamt 32 Patienten.
30 Patienten wurden in den Jahren 1954 bis 1967 operiert, ein Patient wies eine Ankylose des oberen Sprunggelenkes auf und ein Patient hatte eine hochgradige Wackelsteife im oberen Sprunggelenk.
Zur Untersuchung wurden der arthrodesierte und der gesunde Fuß in einem eigens dafür entwickelten Gerät eingespannt und passiv dorsal- und plantarflektiert; in den Endstellungen wurde im medio-lateralen Strahlengang geröntgt.
In die Röntgenbilder wurden Winkel gezeichnet, deren unterschiedliche Größen in beiden Endstellungen den gesuchten Bewegungsumfang zahlenmäßig angeben. Unter Berücksichtigung der bei der Projektion und der beim Zeichnen entstehenden Fehlermöglichkeiten ergibt die Auswertung der Bilder, der Krankengeschichten, der subjektiven Angaben der Patienten und der Beobachtung des Ganges folgende Ergebnisse:

1. Die Beweglichkeit im CHOPART-Gelenk des gesunden Fußes kann sehr erheblich sein und ist individuell verschieden. Ein Hinweis auf eine Abhängigkeit der Beweglichkeit vom Alter ergibt sich nicht.

2. In einem röntgenologisch unauffälligen unteren

Sprunggelenk kann nach Arthrodese, selbst nach Abschluß des Knochenwachstums, eine Mehrbeweglichkeit auftreten, die aber einen Betrag von etwa 7° nicht überschreitet und vom Alter des Patienten unabhängig ist. Die Mehrbeweglichkeit entwickelt sich vornehmlich im Talo-Kalkanealgelenk durch Lockerung des Ligamentum interosseum. Die erreichte maximale Beweglichkeit ist nur in wenigen Fällen ausreichend, um einen einwandfreien Gang ohne Schuhwerk zu ermöglichen.

3. Es kann nicht nachgewiesen werden, daß der Zeitraum zwischen dem Eintritt des zur Arthrodese führenden Ereignisses und ihrer Durchführung einen Einfluß auf die erreichte Mehrbeweglichkeit hat. Auch scheint der Zeitraum zwischen Arthrodesierung und Nachuntersuchung ohne Einfluß zu sein.

4. Im unteren Sprunggelenk ist fast durchweg eine Arthrosis deformans anzutreffen; die des arthrodesierten Fußes ist allgemein stärker als die des gesunden. Die stärkste Zunahme betrifft das hintere Talo-Kalkanealgelenk, weniger stark sind das vordere Talo-Kalkanealgelenk und das Talo-Navikulargelenk betroffen. Das die Arthrodese bedingende Ereignis führt zu einer Fehlbelastung der Gelenke, die Arthrodese zu einer Mehrbelastung. Es ist nicht ersichtlich, ob die Zunahme der Arthrosis deformans durch die Fehlbelastung oder durch die Mehrbelastung erfolgt; ein möglicherweise vorhandener Zusammenhang mit einer Vorschädigung der Gelenke konnte wegen nicht beschaffbarer Unterlagen nicht untersucht werden.

9. Literaturverzeichnis

1) BECKER, F. und V.L. KASTNER: Über Fußarthrodesen Arch. orthop. Unfall-Chir. 58(1965), 224

2) BENNINGHOFF-GOERTLER: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Bd. 1, 7. Aufl. Urban und Schwarzenberg, Berlin

3) BERNBECK, R.: Zur funktionellen Anatomie und klinischen Pathologie der Regio calcaneo-navicularis. Z. Orthop. 92(1960), 575

4) BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Zur Resektion und Arthrodese des oberen Sprunggelenkes. Zbl.Chir. 1961, H.12, 910.

5) DAHMEN, G. und H. MEYER: Über die verschiedenen Methoden zur Arthrodese des oberen Sprunggelenkes. Arch. orthop. Unfall-Chir. 58(1965), 265

6) DUBOST-PERRET: Le treitement des abscenses congénital du peróné et ses resultats. Rev. d´Orthop. 1950 Jg. 36, Nr. 6, 392 - 403, zitiert nach Z. Orthop. 81 (1952), 510

7) EBERHART, H.D.u.a.: zitiert nach 39

8) FICK, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln. Dritter Teil: Spezielle Gelenk und Muskelmechanik Fischer Jena 1911

9) FISCHER, O.: zitiert nach 39

10) FREDENHAGEN, H.: Die Stufenbildung im oberen Sprunggelenk. Zschr. Unfallmed.Berufskr. Jg. 50, Nr.3, 204

11) FRITZSCHE, H.: 40 Fälle von Sprunggelenksarthrodesen vom Gesichtspunkt der Sozialversicherung aus gesehen. Zschr. Unfallmed.Berufskr. Jg. 50, Nr. 2, 111

12) GÜNTZ, E.: Das Röntgenbild des Fußes. Z. Orthop. 69(1939), 445

13) HAFFERL, A.: Lehrbuch der topographischen Anatomie, 3. Aufl. Springer Berlin-Heidelberg-New York 1969

14) HAUBERG, G.: Die Arthrodese des Fußgelenkes durch Federkraft. Z. Orthop. 81(1952), 302

15) HOHMANN, G.: Zur Behandlung der frischen und der veralteten schlecht geheilten Knöchelbrüche. Arch. orthop. Unfall-Chir. 44(1949/51), 271

16) HÜBSCHER, C.: Weitere Mitteilungen über die Perimetrie der Gelenke. Dtsch. Z. Chir. 59(1901), 487

17) KOCHS, M.: Die Arthrodese bei der Kinderlähmung. Verh. dtsch. orthop. Ges. 64(1936), 253

18) LANGE, M. und F.Th.BECKER: Die Behandlungsresultate und die Grenzen der konservativen Behandlung der Knochen- und Gelenktuberkulose. Z. orthop. Chir. 56(1932),161

19) LANGE, M.: Sehnenverpflanzung und Arthrodese. Verh. dtsch. orthop. Ges. 64(1936), 100

20) LANGE, M.: Chirurgisch-orthopädische Operationslehre 1. und 2. Aufl. J.F.Bergmann München 1951, 1962

21) LANGE, M.: Die Arthrodesen. Wien. med. Wschr. 105(1955), 256

22) LANGE, M.: Lehrbuch der Orthopädie und der Traumatologie Bd. 1 Allgemeine Orthopädie, Angeborene Erkrankungen und Leiden. Enke Stuttgart 1960

23) LANZ, v.T. und W. WACHSMUTH: Praktische Anatomie, Bd. 1, 4. Teil, Springer Berlin 1938

24) MACHACEK, J.: Arthrodesen der Sprunggelenke. Wien. med. Wschr. 105(1955), 301

25) MAURER, G. und F. LECHNER: Die Arthrosis deformans in Handbuch der gesamten Unfallheilkunde von H. Bürkle de la Camp und M. Schwaiger, Bd. 1, 3. Aufl. Enke Stuttgart 1963

26) MAXEN, H.: Erfahrungen mit der Druckarthrodese des oberen und des unteren Sprunggelenkes. Z. Orthop. 82(1952), 116

27) PAYR, E.: Gelenksteifen und Gelenkplastik, Erster Teil Springer Berlin 1934

28) PFEIFFER, R.: Untersuchungen über die Schrittlänge des Menschen. Z. orthop. Chir. 60(1934), 310

29) PLOETZ, E.: Die Verriegelungsarthrodese des oberen Sprunggelenkes. Z. Orthop. 78(1949), 352

30) RAUBER, A. und F. KOPSCH: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen, Bd. 1, Bewegungsapparat 20. Aufl. Thieme Stuttgart 1968

31) RÜTT, A.: Spätergebnisse der operativen Behandlung der Kinderlähmungsfolgen am Fuß. Z. Orthop. 85(1955), 63

32) SALM, F.: Traumatische Arthrosen des unteren Sprunggelenkes. Dissertation Düsseldorf 1953

33) SCHEDE, F.: Theoretische Grundlagen für den Bau von Kunstbeinen. 3. Aufl. Enke Stuttgart 1956

34) SIDLER, A.: Fußarthrodese nach Lorthior. Z. Orthop. 79(1950), 67

35) SPEISER, P.: Die Kompressionsarthrodesen des oberen Sprunggelenkes. Arch. orthop. Unfall-Chir. 51 (1959/60), 187

36) WAIGAND, D.: Die Arthrodesen des Fußes. Chir. Praxis, 6, Heft 1,77

37) WEBER, B.G.: Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes Huber Bern und Stuttgart 1966

38) WEIL, S.: Die Arthrodese und die Arthrorhise. Ergebn. Chir. Orthop. 24(1931), 385

39) WEIL, S. und U.H.WEIL: Mechanik des Gehens. Thieme Stuttgart 1966

40) WISBRUN, W.: Der Senkungs- und Aufrichtungsmechanismus des Skelettes beim statischen Senkfuß. Z. orthop. Chir. 64(1936), 64

41) WITT, A.N.: Spätzustände nach Verletzungen des Fußgelenkes und der Fußwurzel. Verh. dtsch. orthop. Ges. 88(1957), 288

42) ZIMMERMANN, M.: Die Bedeutung des CHOPART'schen Gelenkes für die Dorsal- und Plantarflexion bei Versteifungen des oberen Sprunggelenkes. Z. Orthop. 66(1937), 20

10. Tabellen

Bedeutung der in den Tabellen verwendeten Zeichen

x = Beweglichkeit des Navikulare, bezogen auf den Rückfuß
w = Beweglichkeit des Talo-Kalkanealgelenkes
y = Beweglichkeit des Met.-I-Kun.-I-Navikulo-Talo-Kalk.-Gelenkes
D = Beweglichkeit des Talo-Navikulargelenkes
F = Beweglichkeit des Navikulo-Kun.-I-Metatars.-I-Gelenkes
E = Beweglichkeit des Talo-Navikulo-Kun.-I-Metatars.-I-Gelenkes

Der Index A steht für die Beweglichkeit im arthrodesierten Fuß
Der Index G steht für die Beweglichkeit im eingegipsten Fuß

$$G = w_A - w_G$$
$$H = D_A - D_G$$
$$K = E_A - E_G$$
$$L = F_A - F_G$$

$$M = H - G$$
$$N = K - G$$

z_1 = Zeitraum in Jahren zwischen Eintritt des die Arthrodese bedingenden Ereignisses und ihrer Durchführung
z_2 = Zeitraum in Jahren zwischen der Durchführung der Arthrodese und der Nachuntersuchung

Gruppe A

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

Fall	Gelenkbeweglichkeit des arthrodesierten Fußes in °						Gelenkbeweglichkeit des gesunden Fußes in °					
	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
4	2,5	2,0	19,0	4,5	16,5	21,0	-	-	-	-	-	-
20	7,0	5,0	15,0	12,0	8,0	20,0	-	-	-	-	-	-
21	5,0	0,5	7,0	5,5	2,0	7,5	-	-	-	-	-	-
24	2,0	2,0	6,0	4,0	4,0	8,0	-	-	-	-	-	-
25	11,0	4,5	18,0	15,5	7,0	22,5	-	-	-	-	-	-
Mittel :	5,5	2,8	13,0	8,3	7,5	15,8						
ohne Fall 21 :	5,6	3,4	14,5	9,0	8,9	17,9						

Tab. 1

Gruppe B_1

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

(Operationsalter bis 30 Jahre)

	Gelenkbeweglichkeit des arthrodesierten Fußes in °						Gelenkbeweglichkeit des gesunden Fußes in °					
Fall	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
3	6,5	4,0	11,5	10,5	5,0	15,5	2,0	1,0	10,0	3,0	8,0	11,0
9	6,6	5,0	13,5	11,0	7,5	18,5	8,0	-0,5	11,0	7,5	3,0	10,5
12	6,0	1,0	14,5	7,0	8,5	15,5	2,0	2,0	15,0	4,0	13,0	17,0
14	15,0	9,5	21,5	24,5	6,5	31,0	10,0	2,0	18,0	12,0	8,0	20,0
18	8,0	3,0	19,0	11,0	11,0	22,0	3,0	1,0	14,0	4,0	11,0	15,0
30	10,0	10,0	20,0	20,0	10,0	30,0	9,0	4,0	26,0	13,0	17,0	30,0
Mittel :	8,6	5,4	16,6	14,0	8,1	22,1	5,7	1,6	15,7	7,3	10,0	17,2
All 14 :	7,3	4,6	15,7	11,9	8,4	20,3	4,8	1,5	15,2	6,3	10,4	16,7

Tab. 2

Gruppe B_2

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

(Operationsalter 31 - 45 Jahre)

	Gelenkbeweglichkeit des arthrodesierten Fußes in °						Gelenkbeweglichkeit des gesunden Fußes in °					
Fall	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
2	3,0	3,0	14,0	6,0	11,0	17,0	2,0	-0,5	20,0	1,5	18,0	19,5
7	6,0	3,5	12,0	9,5	6,0	15,5	6,0	-1,0	12,0	5,0	6,0	11,0
10	5,0	6,0	22,0	11,0	17,0	28,0	10,0	-1,5	13,0	8,5	3,0	11,5
11	-4,0	4,0	8,0	0,0	12,0	12,0	2,5	0,5	14,5	3,0	12,0	15,0
23	4,0	4,0	18,0	8,0	14,0	22,0	8,0	2,0	21,0	10,0	13,0	23,0
31	6,0	4,0	19,0	10,0	13,0	23,0	5,0	2,0	20,0	7,0	15,0	22,0
Mittel :	3,3	4,1	15,5	7,4	12,2	19,6	5,6	0,3	16,8	5,8	11,2	16,8
ohne Fall 10 :	3,0	3,7	14,2	6,7	11,2	17,9	4,7	0,5	17,5	5,3	12,8	17,9

Tab. 3

Gruppe B_3

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

(Operationsalter mehr als 45 Jahre)

	Gelenkbeweglichkeit des arthrodesierten Fußes in °						Gelenkbeweglichkeit des gesunden Fußes in °					
Fall	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
16	4,0	4,0	15,0	8,0	11,0	19,0	3,0	0,0	16,5	3,0	13,5	16,5
22	7,0	4,0	10,0	11,0	3,0	14,0	11,0	1,0	21,0	12,0	10,0	22,0
26	1,0	2,0	6,0	3,0	5,0	8,0	5,0	1,0	12,0	6,0	7,0	13,0
29	7,0	3,0	19,0	10,0	12,0	22,0	6,0	1,0	21,0	7,0	15,0	22,0
32	9,0	6,0	20,5	15,0	11,5	26,5	6,0	3,0	20,0	9,0	14,0	23,0
Mittel :	5,6	3,8	14,1	9,4	8,5	17,9	6,2	1,2	18,1	7,4	11,9	19,3

Tab. 4

Gruppe B

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

	mittlere Gelenkbeweglichkeiten des arthrodesierten Fußes in °						mittlere Gelenkbeweglichkeiten des gesunden Fußes in °					
Gruppe	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
B_1	8,6	5,4	16,6	14,0	8,1	22,1	5,7	1,6	15,7	7,3	10,0	17,2
B_2	3,3	4,1	15,5	7,4	12,2	19,6	5,6	0,3	16,8	5,8	11,2	16,8
B_3	5,6	3,8	14,1	9,4	8,5	17,9	6,2	1,2	18,1	7,4	11,9	19,3
Mittel :	5,8	4,4	15,4	10,3	9,6	19,9	5,8	1,0	16,9	6,8	11,0	17,8

Gruppe	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
B_1 (ohne 14)	7,3	4,6	15,7	11,9	8,4	20,3	4,8	1,5	15,2	6,3	10,4	16,3
B_2 (ohne 10)	3,0	3,7	14,2	6,7	11,2	17,9	4,7	0,5	17,5	5,3	12,8	17,9
B_3	5,6	3,8	14,1	9,4	8,5	17,9	6,2	1,2	18,1	7,4	11,9	19,3
Mittel :	5,3	4,0	14,7	9,3	9,4	18,7	5,2	1,1	16,9	6,3	11,7	17,8

Tab. 5

Gruppe C

(Arthrodese des oberen und des unteren hinteren Sprunggelenkes)

	Gelenkbeweglichkeit des arthrodesierten Fußes in °						Gelenkbeweglichkeit des gesunden Fußes in °					
Fall	x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
8	11,0	-	17,0	11,0	6,0	17,0	9,0	3,0	20,5	12,0	11,5	23,5
15	6,0	-	20,0	6,0	14,0	20,0	5,0	4,0	19,0	9,0	14,0	23,0
17	4,0	-	6,0	4,0	2,0	6,0	2,0	-	7,0	2,0	5,0	7,0
33	7,0	-	10,0	7,0	3,0	10,0	4,0	1,0	10,0	5,0	6,0	11,0
Mittel :	7,0	-	13,3	7,0	6,3	13,3	5,0	2,0	14,1	7,0	9,1	16,1

Tab. 6

Patienten mit Besonderheiten

Fall		Gelenkbeweglichkeit des arthrodesierten Fußes in °						Gelenkbeweglichkeit des gesunden Fußes in °					
		x	w	y	D	F	E	x	w	y	D	F	E
1		-	-	8,0	-	-	-	9,0	2,0	21,5	11,0	12,5	23,5
5		7,0	2,0	18,0	9,0	11,0	20,0	12,0	-1,0	17,0	11,0	5,0	16,0
6		8,0	9,0	18,0	17,0	10,0	27,0	5,5	-0,5	15,0	5,0	9,5	14,5
(auch in B_1) 14		15,0	9,5	21,5	24,5	6,5	31,0	10,0	2,0	18,0	12,0	8,0	20,0
19		-	-	5,5	-	-	-	8,0	2,5	13,5	10,5	5,5	16,0
27		-	-	13,0	-	-	-	9,0	-0,5	16,0	8,5	7,0	15,5
28	li	8,0	9,0	19,0	17,0	11,0	28,0	-	-	-	-	-	-
28	re	5,0	5,0	11,0	10,0	6,0	16,0	-	-	-	-	-	-
Mittel :								8,9	0,8	16,8	9,7	7,9	17,6

Tab. 7

Tab.

Gruppe B_1

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

(Operationsalter bis 30 Jahre)

Mehr/Minderbeweglichkeit in °

Fall	G	H	K	L	M	N
3	3,0	7,5	4,5	-3,0	4,5	1,5
9	5,5	3,5	8,0	4,5	-2,0	2,5
12	-1,0	3,0	-1,5	-4,5	4,0	-2,5
14	7,5	12,5	11,0	-1,5	5,0	3,5
18	2,0	7,0	7,0	0,0	5,0	5,0
30	6,0	7,0	0,0	-7,0	1,0	-6,0
Mittel :	3,8	6,8	4,8	-1,9	2,9	0,7
ohne Fall 14 :	3,1	5,6	3,6	-2,0	2,5	0,1

Tab.

Gruppe B_2

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

(Operationsalter 31 - 45 Jahre)

Mehr/Minderbeweglichkeit in °

Fall	G	H	K	L	M	N
2	2,5	4,5	-2,5	-7,0	2,0	-5,0
7	4,5	4,5	4,5	0,0	0,0	0,0
10	7,5	2,5	16,5	14,0	-5,0	9,0
11	3,5	-3,0	-3,0	0,0	-6,5	-6,5
23	2,0	-2,0	-1,0	1,0	-4,0	-3,0
31	3,0	6,0	3,5	-2,5	3,0	0,5
Mittel :	3,8	2,1	3,0	0,9	-1,8	-0,8
ohne Fall 10 :	3,3	2,0	0,3	-1,7	-1,1	-2,8

Gruppe B_3
(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)
(Operationsalter mehr als 45 Jahre)

Mehr/Minderbeweglichkeit in °

Fall	G	H	K	L	M	N
16	4,0	5,0	2,5	-2,5	1,0	-1,5
22	3,0	-1,0	-8,0	-7,0	-4,0	-11,0
26	1,0	-3,0	-5,0	-2,0	-4,0	-6,0
29	2,0	3,0	0,0	-3,0	1,0	-2,0
32	3,0	6,0	3,5	-2,5	3,0	0,5
Mittel :	2,6	2,0	-1,4	-3,4	-0,6	-4,0

Tab. 1

Gruppe B
(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

mittlere Mehr/Minderbeweglichkeit in °

Gruppe	G	H	K	L	M	N
B_1	3,8	6,8	4,8	-1,9	2,9	0,7
B_2	3,8	2,1	3,0	0,9	-1,8	-0,8
B_3	2,6	2,0	-1,4	-3,4	-0,6	-4,0
Mittel :	3,4	3,6	2,1	-1,5	0,2	-1,4

Gruppe	G	H	K	L	M	N
B_1 (ohne 14)	3,1	5,6	3,6	-2,0	2,5	0,1
B_2 (ohne 10)	3,3	2,0	0,3	-1,7	-1,1	-2,8
B_3	2,6	2,0	-1,4	-3,4	-0,6	-4,0
Mittel :	3,0	3,2	0,8	-2,4	0,3	-2,3

Gruppe C

(Arthrodese des oberen und
des unteren hinteren Sprunggelenkes)

Mehr/Minderbeweglichkeit in °

Fall	G	H	K	L	M	N
8	-	-1,0	-6,5	-5,5	-	-
15	-	-3,0	-3,0	0,0	-	-
17	-	2,0	-1,0	-3,0	-	-
33	-	2,0	-1,0	-3,0	-	-
Mittel :	-	0,0	-2,9	-2,9	-	-

Tab.

Patienten mit Besonderheiten

Mehr/Minderbeweglichkeit in °

Fall	G	H	K	L	M	N
1	-	-	-	-	-	-
5	3,0	-2,0	4,0	6,0	-5,0	1,0
6	9,5	12,0	11,5	0,5	2,5	2,0
(auch in B_1) 14	7,5	12,5	11,0	-1,5	5,0	3,5
19	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-

Gruppe A

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

Die Arthrodese wurde bedingt durch :

Fall	Geburts-datum		Alter bei Op.	z_1	z_2
4	15. 12. 43	Fall von der Leiter, mit dem Fuß auf Heizungs-körper aufgeschlagen; Pronations-Eversionsfraktur	20,7	2,2	1,2
20	5. 1. 44	Motorradunfall: Luxationsfraktur li. Sprunggelenk	21,3	1,0	1,8
21	3. 6. 36	Autounfall: Luxationsfraktur re. Sprunggelenk	30,2	1,0	1,4
24	18. 9. 29	Sprung aus dem 1. Stock: Talus-Kompressionsfraktur	38,4	1,0	4,9
25	9. 6. 09	Zustand nach Polio (1912): Muskelschwäche des li. Beines; 1960 Fraktur des Mall. tibialis und des Fibulaschaftes links	56,6	6,1	1,9
Mittel :			33,4	2,3	2,2

Tab. 14

Gruppe B_1
(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

Die Arthrodese wurde bedingt durch :

Fall	Geburts-datum		Alter bei Op.	z_1	z_2
3	18. 10. 38	Treppensturz: kompl. Unterschenkel-Lux.-Fraktur	18,7	1,7	10,7
9	6. 7. 39	Sprung von 3m hoher Leiter: Talusbruch	25,4	0,05	3,1
12	5. 8. 30	Fall eines schweren Flansches gegen den Knöchel	27,0	9,3	10,6
14	12. 4. 46	Osteochondrosis dissecans der Tibiabasis	20,5	-	1,3
18	25. 1. 43	Wiederholte Knöchelverletzungen	23,4	2,0	1,8
30	21. 7. 41	Sturz in 10m hohen Lichtschacht: u.a. Luxationsfraktur des linken Sprunggelenkes	20,7	0,3	6,0
Mittel :			22,6	2,2	5,7

Tab. 15

Gruppe B_2

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

Die Arthrodese wurde bedingt durch :

Fall	Geburts-datum		Alter bei Op.	z_1	z_2
2	24. 5. 16	Fall eines schweren Eisengestelles auf den Fuß	44,2	2,3 (12,3)	7,9
7	22. 12. 25	Sturz aus 12m Höhe: Kompl. Unterschenkelfraktur	40,2	12,9	2,0
10	1. 3. 29	bimalleoläre Luxationsfraktur durch Stauchung	38,2	2,1	0,6
11	14. 3. 22	Zustand nach Polio (1929); Pat. wünscht Stabilität	44,7	-	1,3
23	27. 12. 19	Ausrutschen: bimalleoläre Luxationsfraktur	44,5	0,8	3,7
31	20. 9. 20	Ausrutschen: Knöchelfraktur	45,0	18,8	2,3
Mittel :			42,8	5,8 (7,8)	3,0

Tab. 16

Gruppe B_3

(Arthrodese des oberen Sprunggelenkes)

Die Arthrodese wurde bedingt durch :

Fall	Geburts-datum		Alter bei Op.	z_1	z_2
16	24. 9. 05	Sturz von der Treppenstufe: geschlossene Luxationsfraktur der Malleolen und des Talus	57,7	0,2	4,8
22	30. 3. 10	Motorradunfall: multiple Frakturen des Beines	53,1	1,6	4,7
26	11. 5. 11	Sturz aus 1,80m Höhe auf Bauschutt: supramalleolärer Trümmerbruch	49,8	1,0	7,1
29	28. 7. 08	Fraktur des linken Sprunggelenkes (1943): Arthritis; 1959 erneute Fraktur	51,6	17,0 (2,0)	7,9
32	6. 11. 13	Auf der Straße umgeknickt	49,3	0,2	5,0
Mittel :			52,3	3,8 (0,8)	5,9

Tab. 17

Gruppe C

(Arthrodese des oberen und des unteren hinteren Sprunggelenkes)

Die Arthrodese wurde bedingt durch :

Fall	Geburts-datum		Alter bei Op.	z_1	z_2
8	14. 12. 25	Zustand nach Polio (1927), ständiges Umknicken; Pat. wünscht die Arthrodese zur Stabilisierung	39,2	-	3,0
15	28. 7. 35	solitäre Taluscyste links	26,6	-	6,0
17	20. 12. 34	Sturz aus dem 2. Stock: Trümmerfraktur des linken Sprunggelenkes; Kalkaneusfraktur rechts	30,8	8,3	2,4
33	29. 6. 46	Sturz aus dem 2. Stock: Trümmerbruch des linken Unterschenkels und Bruch der rechten Ferse; 6 Monate später Treppensturz	16,7	0,9	5,1
Mittel :			28,3	4,5	4,1

Tab. 18

Patienten mit Besonderheiten

Die Arthrodese wurde bedingt durch :

ll	Geburts-datum		Alter bei Op.	z_1	z_2
1	29. 9. 27	Ischiadicusparese nach Oberschenkeldurchschuß	32,0	14,0	7,7
5	15. 5. 41	Wackelsteife im OSG nach Arthritis im Alter von 10 Jahren	-	-	-
6	6. 1. 47	knöcherne Ankylose des OSG nach hämatogener Osteomyelitis im Alter von 10 Jahren	-	-	-
19	16. 6. 09	Sturz aus 10m Höhe; Arthrodese des OSG, nachfolgend Ankylose des USG und des CHOPART	49,7	5,7	8,9
27	2. 2. 02	Fraktur des li. OSG, anfangs knöcherner Durchbau in Fehlstellung, dann Talusnekrose, Arthrodese nach WHITMAN	63,4	1,0	2,6
28	3. 10. 43	Sturz aus dem 3. Stock: bimall. Luxationsfraktur bds.; Fall auf den rechten Außenknöchel	li 16,5 re 21,9	0,5 5,9	8,0 2,7

Tab. 19

Für die Stellung des Themas, die vielen Anregungen und freundlichen Hinweise sowie die kritische Durchsicht der Arbeit bin ich Herrn Professor Dr. med. D. Hohmann zu sehr großem Dank verpflichtet.

Herrn Oberarzt Dr. med. K. Walcher gilt mein herzlicher Dank für die bereitwillig gegebenen Ratschläge bei der Einarbeitung in die Problematik.

Herrn Oberarzt Dr. med. Krause sei an dieser Stelle gedankt für seine Hilfe bei der Durchsicht der Röntgenbilder.

Ebenso danke ich sehr herzlich Herrn H.G. Hüskes für seine praktische Unterstützung beim Herstellen des Untersuchungsgerätes.

Auch der leitenden med.-techn. Assistentin in der Röntgenabteilung des Oskar-Helene-Heimes, Frau Gohrbandt, und Ihren Mitarbeiterinnen sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung gedankt.

Lebenslauf

Am 31. Januar 1944 wurde ich als zweites Kind des Diplom-Ingineurs Dr. Paul Eckhoff und seiner Ehefrau Ilse geb. Hollstein in Heggen geboren. Nach meiner Einschulung im Frühjahr 1950 besuchte ich die Volksschule und von 1954 bis 1961 das Märkische Gymnasium Schwelm und dann das Helmholtz-Gymnasium Essen. Dort bestand ich am 22. Februar 1964 die Reifeprüfung. Nach Beginn des Studiums der Zahnmedizin in Köln (1 Semester), wurde ich zum Winter-Semester 1964/65 an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Nach einem zweisemestrigem Studium der Veterinärmedizin wurde ich zum Winter-Semster 1965/66 zum Studium der Medizin zugelassen. Im April 1967 legte ich die Ärztliche Vorprüfung ab. Im Winter/Semester 1968/69 setzte ich an der Universität Düsseldorf das Studium fort und bestand am 28. Juli 1970 die Ärztliche Prüfung. Von September 1970 bis Februar 1971 war ich in der Medizinischen Klinik des Klinikum Essen der Universität Bochum tätig, zur Zeit arbeite ich in der Chirurgischen Abteilung der Krupp Krankenanstalten Essen.